

ASUINKERROSTALON POHJIEN PARAMETRINEN SUUNNITTELU

evolutiivisin menetelmin

Liljastiina Luminiitty | Diplomityö
Oulun yliopiston arkkitehtuurin tiedekunta

*Asuinkerrostalon pohjien parametrinen suunnittelu
evolutiivisin menetelmin*

*Tekijä:
Liljastiina Luminiitty*

*Pääohjaaja:
Janne Pihlajaniemi, Architect SAFA, D.Sc. (Tech.), professor*

*Työn sivumäärä: 60
Muut: Planssit 1–3*

*Oulun yliopisto
Arkkitehdin tutkinto, arkkitehtuurin koulutusohjelma
Rakennussuunnittelu*

Asuinkerrostalon pohjien parametrinen suunnittelu
evolutiivisin menetelmin

*Liljastiina Luminiitty I Diplomityö
Oulun Yliopiston Arkkitehtuurin tiedekunta*

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Tämän diplomityö tarkastelee asuinkerrostalon parametrissa suunnitteluprosessia ja pyrkii ratkaisemaan tilasuunnittelun ongelmia evolutiivisten menetelmien keinoin. Työn tavoitteena on luoda Grasshopperin visuaalisen ohjelmointikielen ja ympäristön avulla työkalu, joka noudattaa arkkitehdin suunnitteluperiaatteita. Työkalun tarkoitus on nopeuttaa ja helpottaa rakennuksen massan ja rakennukseen esitetyn asuntojakauman välisen suhteen näkemistä sekä automatisoida rutiinin omaisia tehtäviä. Työkalun on tarkoitus hyödyntää algoritmivusteisen suunnittelun hyötyjä kuitenkin säilyttäen arkkitehdin vaikutusmahdollisuudet suunnittelun lähtökohtiin ja lopputulokseen.

Diplomityö keskittyy kahteen osa-alueeseen, joista ensimmäinen osa käsittelee asuinkerrostalon jakamista asunnoiksi halutun asuntojakauman mukaan ja toinen osa käsittelee muodostettujen asuntojen jakamista huoneiksi. Osa-alueissa esittelen ajatusprosessia, jonka myötä työkalu kehittyi. Kerron myös työkalun ominaisuuksista ja suunnittelun lopputulokseen vaikuttavista tekijöistä. Lopuksi esitän työkalulla tehtyjä pohjaratkaisuja kalustettuna ja arvioin niiden toimivuutta.

Työni hyödyntää visuaalisen koodaamisen taitoja ja yhdistää ne osaksi arkkitehdin ammattitaitoa. Työkalu ei välttämättä anna selkeitä ratkaisuja, joten sen antamia ratkaisuja täytyy arvioida ja kyseenalaistaa. Kehittämäni suunnittelutyökalu antaa mahdollisuuden joustavaan suunnitteluun, jossa muutosten tekeminen käy nopeasti. Työkalu on kuitenkin vasta ensimmäinen katsaus aiheeseen ja vaatii tulevaisuudessa vielä paljon kehitystyötä ollakseen sujuva osa suunnitteluprosessia.

Oulussa 25.9.2019

Liljastiina Luminiitty

ABSTRACT OF THESIS

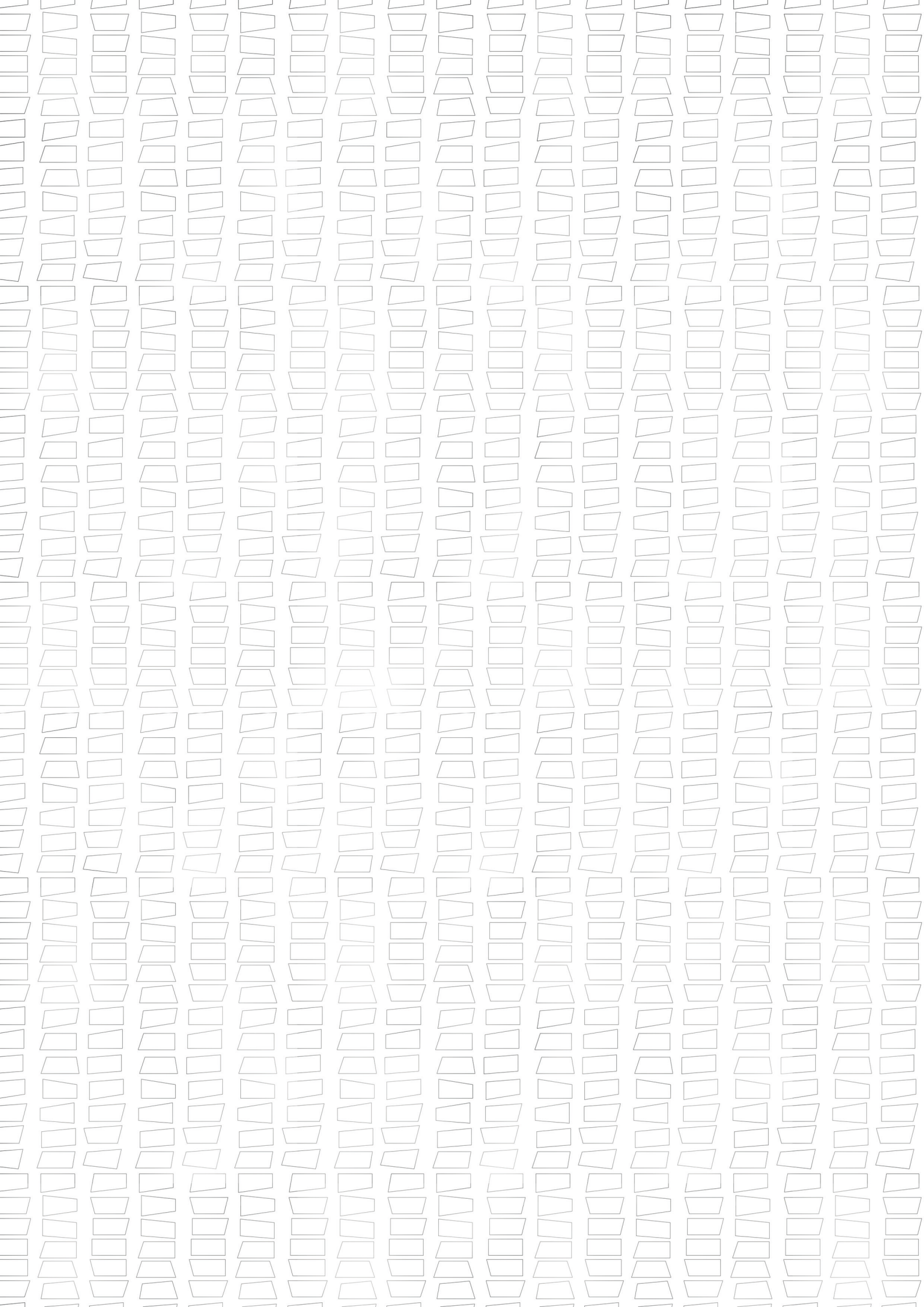
This thesis examines the parametric design process of a residential apartment building in order to solve spatial design challenges by means of evolutionary methods. The aim of this work is to create a tool that follows the architect's design principles by using Grasshopper's visual programming language and environment. The purpose of this tool is to facilitate the outlining process in order to observe the relationship between the mass of a building and the distribution of apartments in the plan. Furthermore, the tool aims to reduce the mechanical work related to the designing and planning process. The tool is designed to utilise the algorithm-assisted design process without reducing the architect's chances to influence the design outcome.

The thesis is divided into two parts. First part discusses the division process of the apartment building into the apartments. Second part focuses on the division process of the apartments into rooms. The developing process of the tool and the challenging aspects of it are discussed in order to present the thinking process behind the outcomes and specify the tool features. In addition, I present the floor plans with furnishings and evaluate the space usability.

My work utilises the skills of visual coding and combines them with the professional skills of an architect. Currently, the tool does not necessarily provide clear solutions, and therefore its results need to be evaluated and questioned during the planning process. It however offers adaptable planning environment where the changes can be adapted quickly. The design tool is one of the first attempts to approach the subject area and therefore requires further development.

Oulu, 25.9.2019

Liljastiina Luminiitty



SISÄLLYS

Tiivistelmä opinnäytetyöstä	4
Sisällys	7
Käsitteitä	8
1. Johdanto	10
2. Aluksi	13
2.1. Algoritmiavusteinen suunnittelu	13
2.2. Tilanjako-ongelma	14
2.3. Evoluutiiviset menetelmät tilanjako-ongelman ratkaisussa	17
3. CASE 1: Kerrosten jakaminen asuntoihin	19
3.1. Lähtökohdat ja tavoitteet	19
3.2. Suunnittelun aloitus	23
3.2.1. Seinien sijainnin muodostus	23
3.2.1. Porrashuone ja käytävä	24
3.2.3. Porrashuoneen vaikutus asuntojen muodostumiseen	27
3.3. Asuntojakauman laskeminen kerroksessa	30
3.3.1. Galapagos laskennassa	30
3.4. Tulosten tarkastelu ja arviointi	35
4. CASE 2: Asunnon jakaminen huoneisiin	38
4.1. Lähtökohdat ja tavoitteet	40
4.1.1. Eteinen ja sisäänkäynti	42
4.1.2. Kylpyhuone	43
4.1.3. Asuintilat: Makuuhuone	44
4.1.4. Asuintilat: Olohuone ja keittiö	44
4.2. Vaihtoehtojen rajaus	45
4.3. Tulosten tarkastelu ja arviointi	46
5. Johtopäätökset	54
Lähteet	57
Loppusanat	59

KÄSITTEITÄ

ALGORITMI (sääntökokoelma)

Algoritmi on joukko määrättyjä tehtäviä, jotka se toteuttaa sille asetetussa järjestyksessä. Grasshopperissa käytetään erilaisia komponentteja algoritmien muodostamiseen.

EVOLUTIIVINEN MENETELMÄ

Evoluutiiviset menetelmät ovat optimointi- ja ongelmanratkaisumenetelmiä, jossa populaation parhaat ratkaisut säilyvät ja uusia ratkaisumahdollisuuksia generoidaan lisää olemassa olevasta joukosta kokeilemalla uusia kombinaatioita. Ajoittain populaatiota karsitaan valittujen kriteerien mukaan (fitness funktion), joka sallii parempien ehdokkaiden selviytymisen seuraavaan generaatioon. Iteroimalla monien sukupolvien eli generaatioiden läpi ratkaisu paranee asteittain. Tähän menetelmään perustuva ratkaisija on esimerkiksi Galapagos.

GRASSHOPPER 3D

Grasshopper on visuaalinen ohjelmointikieli ja -ympäristö, jonka on kehittänyt David Rutten. Grasshopper on Rhinoceros 3D tietokoneohjelmiston lisäosa (plugin). Grasshopper -ympäristössä työskennellään komponenttien (ks. *komponentit*) avulla, joita yhdistelemällä voidaan luoda esimerkiksi parametrisia malleja.

KOMPONENTIT (toiminnot)

Komponentit ovat kuin toimintoja ohjelmoinnissa eli ne tekevät toiminnon, joka niiden on kirjoitettu tekevän. Komponenteissa on sisäänuloja ja ulostuloja. Näihin voi asettaa erilaisia parametreja. Kun komponentit yhdistetään toisiinsa, ne sanelevat parametrisesti mallinnettujen osien logiikan ja suhteet toisiinsa koko algoritmista.

PARAMETRI (muuttuja)

Parametri on lukuarvo, muuttuja tai määre, joka ohjaa suunnitteluprosessia. Parametrit määrittelevät esimerkiksi rakennuksen ulkomittoja, huoneiden lukumäärä, väliseinien etäisyyttä ja huoneiden pinta-aloja. Parametrien välille muodostetaan algoritmeja.

PARAMETRINEN SUUNNITTELU

Parametrinen suunnittelu on työskentelytapa, jossa suunnittelu kohde kirjoitetaan parametrien eli muuttujien, lukuarvojen ja määreiden avulla. Nämä ovat riippuvuussuhteessa toisiinsa tai asetettuun geometriaan.

PARAMETRINEN MALLI

Parametrinen malli on algoritmiseen prosessiin perustuvalla työskentelytavalla mallinnettu malli.

ITEROINTI

Iterointi tarkoittaa algoritmin toistoa useita kertoja kunnes haluttu lopputulos saavutetaan.

VISUAALINEN OHJELMOINTIKIELI (VPL, visual programming language)

Visuaalinen ohjelmointikieli on kieli, jossa tekstin sijaan käytetään graafisia komponentteja "laatikoita". Komponentteja yhdistetään sisääntuloista ja ulostuloista "nuolilla", jolloin muodostuu niin kutsuttu dataflow.

1. JOHDANTO

Arkkitehti on luonnostellut, suunnitellut ja työskennellyt käsinpiirtämällä vuosisatojen ajan. Kynällä ja paperilla työskentely on mahdollistanut suurten linjausten sekä pienten yksityiskohtien suunnittelun. Vain piirtäjän taidot ja mielikuvitus ovat olleet rajana. Tietoteknisen kehityksen myötä arkkitehtien työskentelytavat ovat muuttuneet radikaalisti. Uudet työskentelytavat kuten 3D- mallintaminen ovat vaatineet lisää osaamista suunnittelijoita. Ohjelmistoympäristöjen käyttömukavuus ja kyky mallintaa asioita ovat osittain vaikuttaneet siihen, minkälaisia arkkitehtuuria arkkitehdit ovat suunnitelleet.

Nykyään rakennuksesta luodaan todellisuutta vastaava tietomalli, BIM-malli (Building Information Modeling). Rakennuksen geometriasta otetaan täsmälliset tiedot rakentamiseen ja osien valmistukseen. Suunnitelman lähtökohdat on lyötävä lukkoon mahdollisimman nopeasti, jotta saadaan arvio rakennuksen kustannuksista. Tämä johtaa siihen, että itse suunnitteluun jää vähemmän aikaa. Arkkitehti ei ehdi nykyisillä työskentelytavoilla tarkastelemaan suunnitelmaa nykymaailman tarkkuutta ja tehokkuutta vaativalla tasolla. Tilasuunnittelun pitäisi olla korkeatasoista, toimivaa ja tehokasta. Lisäksi arkkitehdin pitäisi pystyä tarjoamaan arkkitehtonisia ratkaisuja, jotka ottavat huomioon energiatehokkaan suunnittelun lähtökohdat.

Tietokoneavusteinen suunnittelu on useilla suunnittelualoilla parantanut kykyä vastata nykypäivän vaatimukseen eli kykyyn kehittyä nostamatta valmistuskustannuksia. Yksi käytetyistä suunnittelumenetelmistä on algoritmiavusteinen suunnittelu. Se on tapa suunnitella dynaamisesti kirjoittamalla suunnittelua ohjaavat tavoitteet algoritmiin, optimoida haluttu tilanne ja analysoida saatu ratkaisu. Algoritmiavusteinen työskentelytapa on jo osa nykypäivän arkkitehtuuria, mutta

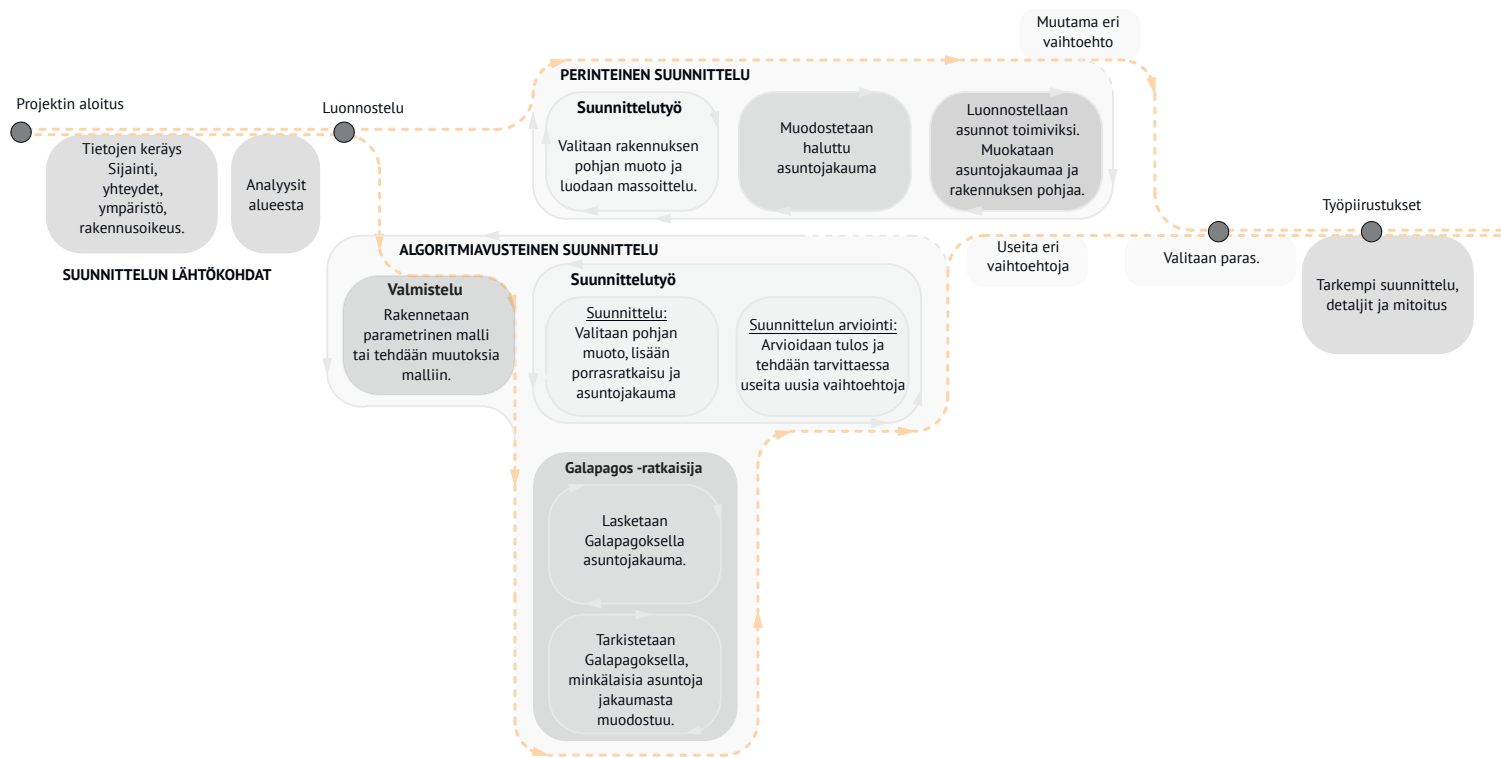
sen käyttökohteet ovat keskittyneet enemmän kokeilevaan eli niin sanottuun wau-arkkitehtuurin suunnitteluun. Sen sijaan käytännön työt, joissa on paljon mekaanista piirtämistä ja laskemista, ovat jääneet vähemmälle tarkastelulle.

Minkälaista olisi siis työskennellä arkkitehtinä, jos algoritmeja pystyttäisiin hyödyntämään myös käytännön töissä kuten asuinkerrostalon suunnittelussa? Asuinkerrostalon suunnittelua rajaa usein asemakaavassa olevat määräykset. Rakennusoikeus, rakennusalan rajat, kerrosluku ja muut asemakaavamerkinnot ohjaavat suunnittelua tiettyyn suuntaan. Sen lisäksi rakennuttajalla saattaa olla ajatus siitä, minkä tyyppisiä asuntoja kyseiseen kohteeseen tarvitaan. Arkkitehti pyrkii vaikuttamaan rakennuksen massoitteeluun ja siihen, että asunnoista tulee mahdollisimman viihtyisiä ja käytännöllisiä.

Opinnäytetyön alussa tutustumme ensin lyhyesti lähdekirjallisuuteen, johon työni perustuu. Ensimmäiseksi avaan hieman algoritmiavusteisen suunnittelun lähtökohtia ja sen vaikutusta työhöni. Seuraavaksi tutustumme tilanjako-ongelmaan ja siihen, miten lähestyin ongelmaa. Ja lopuksi kerron hieman siitä, miten evolutiivinen ongelmanratkaisumenetelmä toimii esimerkiksi tilanjako-ongelman ratkaisussa.

Opinnäytetyöni on tutkimus, joka kuvaa prosessia asuinkerrostalon pohjan parametrisestä mallintamisesta ja luonnossuunnittelusta. Työni koostuu tapauksista CASE 1 ja CASE 2. Ensimmäisessä tutkin asuinkerrostalon pohjien jakamista asuntoihin ja toisessa itse asuntojen suunnittelua eli niiden jakamista huoneisiin. Tarkoituksena on muodostaa algoritmit siten, että pystyn muodostamaan halutun jakauman evolutiiviseen menetelmään perustuvan Galapagos -ratkaisijan avulla. Opinnäytetyöni tarkoituksena on lisätä ymmärrystä siitä, mitä algoritmiavusteinen suunnittelu voisi tarkoittaa asuinkerrostalon suunnittelussa ja minkälaisia vaatimuksia algoritmeilla olisi, jotta ne toteuttaisivat arkkitehdin suunnitteluperiaatteita.

Lähden tutkimaan asuinkerrostalon arkkitehtonista tilanjako-ongelmaa, yhdistän sen parametriseen mallintamiseen ja lopulta ratkaisen asuinkerrostalon pohjat evolutiivisen menetelmän keinoin. Pyrin luomaan työskentelytavan, joka mahdollistaa rakennusmassan nopean tarkastelun suhteessa asuntojen muodostumiseen. Tämä tekee rakennuksen pohjamuodon valitsemisesta helpompaa ja mahdollistaa parhaan mahdollisen ratkaisun löytämisen. Opinnäytetyöni ei pyri kehittämään täydellistä työkalua, joka toteuttaisi aina valmiin ratkaisun. Se kuitenkin pyrkii kehittämään arkkitehdin työskentelytapoja parametrisen mallinnuksen parissa.



Prosessikaavio perinteisen suunnittelun ja algoritmiaivusteisen suunnittelun eroista.

2. ALUKSI

2.1 ALGORITMIAVUSTEINEN SUUNNITTELU

Algoritmi on joukko ohjeita määrätyn tehtävän suorittamiseksi. Algoritmiavusteinen suunnittelu tarkoittaa siis algoritmien käyttöä osana suunnitteluprosessia. Parametrinen mallintaminen antaa mahdollisuuden toteuttaa algoritmiavusteista suunnittelua tietokoneavusteisesti, jolloin esimerkiksi monimutkaisten arkkitehtonisten yksityiskohtien luominen on helpompaa. Algoritmiavusteiset suunnittelumenetelmät mahdollistavat arkkitehtuurissa esimerkiksi kompleksisten muotojen suunnittelun ja niiden viemisen digitaaliseen tuotantoon (Tanska & Österlund 2014).

Algoritmit mahdollistavat uudenlaisen yhteistyön insinöörien kanssa. Rakennesuunnittelijat voivat esimerkiksi sovittaa rakenteita algoritmien avulla arkkitehdin määrittelemän rajapintojen väliin (Ilari Pirhonen A-Insinöörit). Algoritmit helpottavat täten esimerkiksi suurien linjojen suunnittelua kuten massoitteita, kaupunkisuunnittelua ja rakenteellisia analyysejä (ThinkParametric, Inc 2019). Yleisesti voidaan sanoa, että parametrisuus mahdollistaa arkkitehtien ja muiden suunnittelualojen välisen yhteistyön tiivistymisen. Yhdestä mallista voidaan esimerkiksi simuloida rakenteeseen kohdistuvia fyysisiä kuormia tai analysoida erilaisia ympäristötekijöitä samanaikaisesti, kun rakennuksen suunnittelun ensimmäisiä luonnoksia tehdään (Tanska & Österlund 2014).

Edellä mainitut tapaukset ovat vain murto-osa siitä, mihin algoritmiavusteista suunnittelua voidaan hyödyntää. Esimerkkitapaukset ja tulevaisuuden mahdollisuudet ovatkin syitä, miksi aloitin tarkastelemaan asuinrakennuksen parametrissa mallintamista. Diplomityöni keskittyy algoritmiavusteisen suunnitteluprosessiin, jossa määrittelen algoritmeja ohjaamaan rakennuksen sisällä tapahtuvia ratkaisuja. Asuinrakennuksen geometria määritellään matemaattisesti ja sen geometriaa ohjataan parametreilla. Parametri on esimerkiksi lukuarvo, muuttuja tai määre, joita ovat esimerkiksi rakennuksen ulkomitat, porrashuoneen koko ja haluttu asuntotyyppi. Kun asuinrakennuksen pohjat on kirjoitettu parametreilla arvoilla ja ne on yhdistetty algoritmeilla riippuvuussuhteiden kautta toisiinsa, saadaan aikaiseksi algoritmiseen prosessiin perustuva kolmiulotteinen malli.

Jos vertaillaan perinteisiä asuinrakennuksen suunnittelussa käytettyjä menetelmiä ja algoritmiavusteista suunnittelua keskenään, voidaan havaita selkeitä eroavaisuuksia. Perinteisillä menetelmillä asuinrakennuksen suunnitteluun kuuluu paljon mekaanista työtä ja muutosten tekeminen on hyvin hidasta. Suunnitteluprosessi on hyvin lineaarinen: Työskentely alkaa tutustumalla suunnittelun

lähtökohtiin ja tekemällä rakennuspaikasta erilaisia analyyseja. Tämä jälkeen luodaan pohjamuoto, muodostetaan siihen sopiva porrashuone ja asuntotakauma. Asuntoihin piirretään luonnos sen mahdollisista huoneista ja siirrellään seiniä tarvittaessa. Prosessi aloitetaan alusta, jos halutaan tehdä rakennuksesta toinen vaihtoehto. Yleensä suunnitteluprosessissa pystytään pitämään kerralla vain muutamaa luonnosvaihtoehtoa.

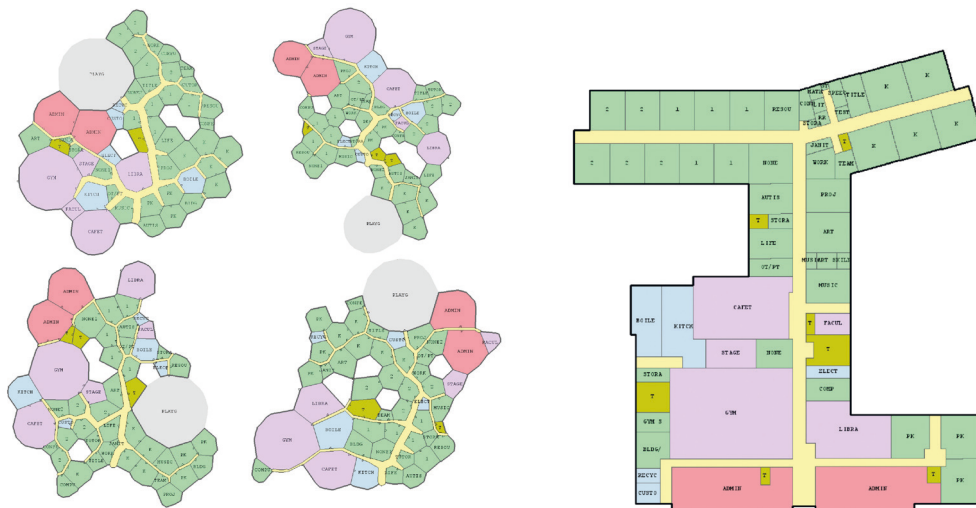
Algoritmiavusteisessa suunnittelussa prosessi aloitetaan puolestaan algoritmien suunnittelusta. Algoritmien muodostaminen voi olla haastavaa ja siksi se vie lyhyellä aikavälillä enemmän aikaa. Jos asuinkerrostalo on jo kerran aikaisemmin mallinnettu parametrisesti, algoritmeja muokataan suunnitteluun vaikuttavien lähtökohtien mukaiseksi. Tämän jälkeen annetaan Galapagos -ratkaisijan muodostaa haluttu asuntotakauma. Vaihtoehtoja voidaan tehdä useampia. Tilanteet tarkastetaan muodostamalla asuntoihin huoneiden sijainnit Galapagoksen avulla. Huonot ratkaisut karsitaan pois ja valitaan paras vaihtoehto.

2.2. TILANJAKO-ONGELMA

Arkkitehtonisena tilanjako-ongelmana pidetään erillisten tasossa olevien avaruuselementtien kuten huoneiden ja kalusteiden sijoittamista paikoilleen. Näiden elementtien väliseen suhteeseen liittyy tilojen geometria ja topologia eli tilan yhtenäisyys. Tilojen yhdistävä luonne tekee suunnitteluprosessista haasteellisen. Jo vuodesta 1964 (Bufa and Armor) lähtien on kehitetty erilaisia työkaluja automatisoitujen ratkaisuiden löytämiseksi, jotka helpottaisivat arkkitehtien luonnossuunnitteluprosessia. Arkkitehdit eivät ole kuitenkaan olleet kovin vakuuttuneita näiden hyödyllisyydestä, sillä näillä ei saavuteta tarpeeksi toimivia ratkaisuja. Osa kehitetyistä ohjelmista on kuitenkin löytänyt käyttökohteen muualta, kuten mikrolevyjen suunnittelusta ja peliympäristöistä. (Fernandez, J. 2014)

Tilanjako-ongelmat voi katsoa jakautuvan ainakin kahteen eri lähtökohtaan. Ensimmäinen tutkii muotoa, joka syntyy pyrkimyksessä saavuttaa tiettyjä arvoja ja tavoitteita. Toinen tilanjako-ongelmien lähtökohta pyrkii puolestaan sovittamaan halutut ratkaisut tiettyjen rajojen sisälle. Käytän ensimmäistä lähtökohtaa (muoto) CASE 1. tapauksessa, jossa pyrin tutkimuksessa pyrin muodostamaan tietyn asuntotakauman kerrospohjaan. Pohjan muoto voi muuttua määriteltyjen parametrien mukaisesti ja pohja pyrkii muuttamaan muotoaan kunnes asuntotakauma toteutuu.

Joel Simon käsittelee työssään *Evolving Floor Plans* (2019) tätä muotoon liittyvää tilanjako-ongelmaa hieman vapaammalla otteella. Simon pyrki minimoimaan käytävien pituudet ja samalla laskemaan kävelyyn kuluva aikaa. Rakennuksen pohjapiirustus syntyy näiden vaatimusten seurauksena. Suunnitelmassa pohjista tulee parhaita tarkoituksessaan, mutta ne eivät välttämättä huomioi rakennuskustannuksia, tilojen käytön tehokkuutta, rakennuksen ulkopuolen arkkitehtuuria tai sijaintia tontilla. Simon kuvaa syntyneitä pohjia ulkonäöltään biologisiksi, luonteeltaan kiehtoviksi ja käytännössä järjettömiksi (Joel Simon 2019). Jos ulkopuolisia rajoitteita ei ole, nousee usein kysymys ongelman monimutkaisuudesta: tilanteita tutkittaessa ratkaisuja voi syntyä paljon, jonka takia vaihtoehtojen hallinta ja arvioiti voi olla haastavaa.

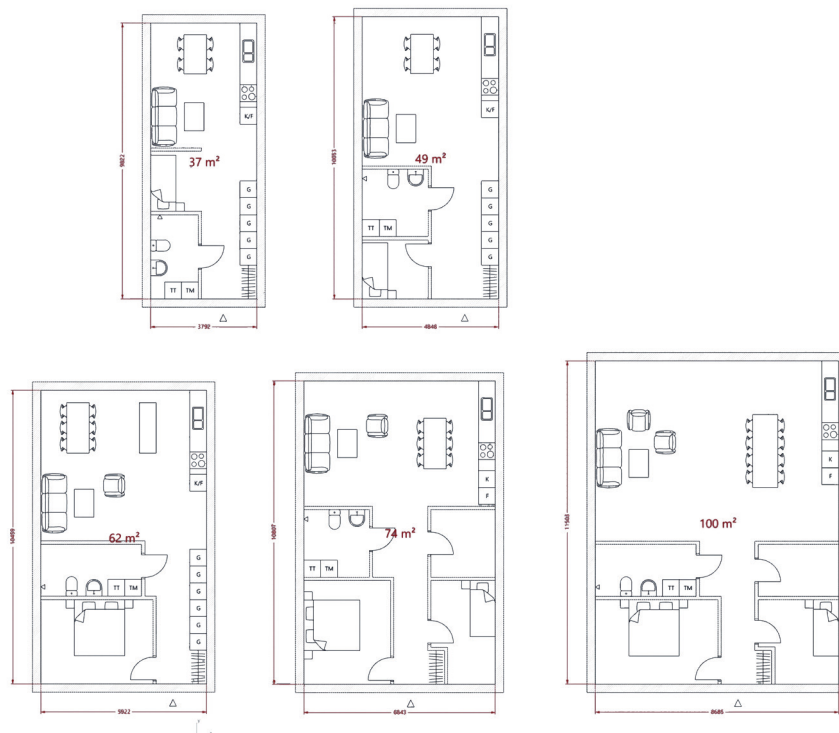


Kuva 1. ja Kuva 2. Simon käytti Mainen peruskoulun pohjapiirustusta demonstroidessaan konseptiaan. Määrittelevinä tekijöinä oli mahdollisimman lyhyet kävelyetäisyydet ja tilojen tarvitseman luonnonvalon määrä. (Joel Simon 2019)

Toisena lähtökohta tilanjako-ongelmassa voi olla huoneiden sijoittaminen valmiiden rajojen sisälle. Tämä lähtökohta CASE 2:n toteuttamisessa, jossa pyrin laskemaan asuntojen tilajärjestelyt. CASE 2 pyrkii tutkimaan muodostettujen asuntojen toimivuuden laskemalla asuintoihin sopivan huonejakauman. Tässä vaiheessa huoneen koko ei enää muutu, vaan arkkitehti arvio muodostuneiden asuntojen toimivuuden.

Wallgren Arkkitehtien ja BOX Byggin yhteistyössä luotu parametrinen työkalu on myös esimerkki tällaisesta ratkaisusta. Työkalu pyrkii reaaliaikaisesti esittämään vaihtoehtoja huonejaosta rakennusalan kokoa muutettaessa. Heidän ajatuksensa työnsä kehityksessä olivat samanlaisia kuin itselläkin. Arkkitehdin on helpompi ymmärtää suunnittelualueen potentiaali, kun pystyy reaaliaikaisesti näkemään varhaisessa vaiheessa muodostuvan asunnon mahdollisuudet.

Samoilta tekijöiltä tulee myös muita kerrostalojen suunnitteluun liittyviä työkaluja Grasshopperiin. Finch plug-in tullaan julkaisemaan 2020 ohjelmointityökaluna Grasshopperiin (Tom Ravenscroft 2019). Luin artikkelin tästä vasta sen jälkeen, kun oma työni alkoi olla suunnittelun osalta valmis. Eli heillä oli hyvin samat tavoitteet kuin itselläkin.



Kuva 3. Kuvakaappauksia Wallgren Arkkitehtien ja BOX Byggin yhteistyössä luotu parametrisen työkalun FINCH toiminnasta. Asunnon koon kasvaessa pohja pyrkii mukautumaan muutokseen lisäämällä huoneiden lukumäärää ja kalusteiden sijaintia. Kuvissa huoneistojen koko vaihtuu yksiöstä kolmioon.

2.3. EVOLUTIIVISET MENETELMÄT TILANJAKO-ONGELMAN RATKAISUSSA

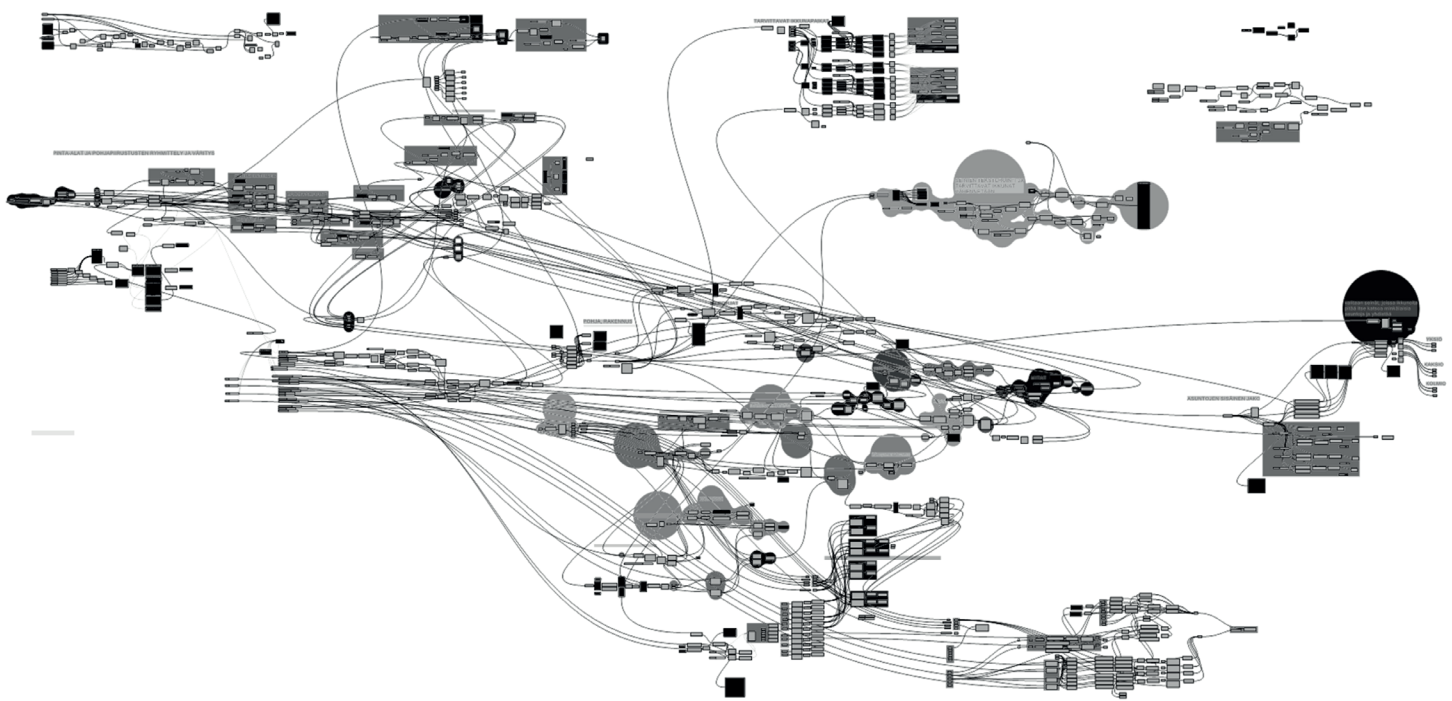
Parametrisesti mallinnettuun rakennuksen pohjaan voidaan liittää esimerkiksi evolutiiviseen menetelmään perustuva ratkaisija, kuten Galapagos. Galapagoksen avulla voidaan ratkaista esimerkiksi tilasuunnittelun ongelmia ja tehdä pinta-alan optimointia. Evolutiivisessa mallissa populaation parhaat ratkaisut säilyvät ja uusia ratkaisumahdollisuuksia generoidaan lisää olemassa olevasta joukosta kokeilemalla uusia kombinaatioita. Käytännössä algoritmit pisteyttävät satunnaisia kokeiluja, jolloin paremmat ehdokkaat selviytyvät seuraavaan generaatioon. Ajoittain populaatiota karsitaan valittujen kriteerien mukaan (fitness function). Toistoon perustuvaa menetelmää kutsutaan iteroinniksi. Algoritmia toistetaan niin monta kertaa, kunnes haluttu lopputulos saavutetaan. (Tanska & Österlund 2014)

Käytän tässä diplomityössä Galapagosta ratkaisujen löytämiseen ja tilanjako-ongelmiin molemmissa tapauksissa (CASE 1 ja CASE 2). Työni ensimmäinen osa, CASE 1 pyrkii yksinkertaisesti sanottuna ratkaisemaan sen, miten haluttu asuntokauma on mahdollista toteuttaa sijoittamalla rakennukseen huoneistojen välisiä seiniä ja antamalla algoritmien muokata pohjan rajoja asetettujen sääntöjen mukaisesti. Seinien sijainnille on asetettu erilaisia ehtoja, jotka on kirjoitettu rakenteellisesti epäedullisten tilanteiden syntymisen estämiseksi. Ehdot ovat määritelty esimerkiksi suunnitteluohjeiden mukaan tai arkkitehdin työelämän kokemuksen pohjalta. Näitä ehtoja tarkastelen lisää CASE 1 -tapauksessa.

Toisessa osassa, CASE 2:ssa, pyrin tutkimaan ovatko antamillani ehdoilla muodostuneet asunnot mahdollista suunnitella toimiviksi. Asunnot luokitellaan pinta-alan mukaan yksiöihin, kaksioihin jne. Eri kokoiset asunnot noudattavat eri algoritmeja sen mukaan, mihin kategoriaan asunto kuuluu. Näin algoritmit muodostavat esimerkiksi tarvittavan määrän makuuhuoneita. Asuntojen sisäisen huonejaon muodostuminen noudattaa saman tyyppisiä ehtoja, joita toteutan ensimmäisessä vaiheessa. Asunnon suunnittelussa parametrien muodostusta vaikeuttavat vaatimukset tilallisesta yhtenäisyydestä ja tilan arkkitehtonisesta ilmeestä.

Tässä työssä suunnitteluprosessi jakautuu neljään vaiheeseen, jossa ensimmäisessä valitaan rakennuksen pohjan pinta-ala, runkosyvyys, porrashuone ja asuntotakauma. Seuraavassa vaiheessa ratkaistaan Galapagoksen avulla haluttu asuntotakauma rakennuksen pohjaan. Pohjan muodolle voidaan määrittellä rajat, joiden mukaan se löytää geometriansa laskennan aikana. Pohjan geometria muodostuu sen mukaan, missä Galapagos löytää parhaan ratkaisun asuntotakaumalle. Kolmannessa vaiheessa ratkaistaan asuntojen pohjat ja tutkitaan, jos muodostuneet asunnot ovat helposti kalustettavia ja toimivia ratkaisuiltaan. Jos asunnossa on puutteita ja tilat muodostuvat huonosti, palataan kohtaan yksi määrittelemään uudestaan rakennuksen pohjan muoto.

CASE 1 käsittelee suunnitteluprosessin vaihteita yksi ja kaksi eli kerrosten jakamista asuntoihin. Suunnitteluprosessi alkaa siis rakennuksen pohjan pinta-alan ja muodon määrittelystä.



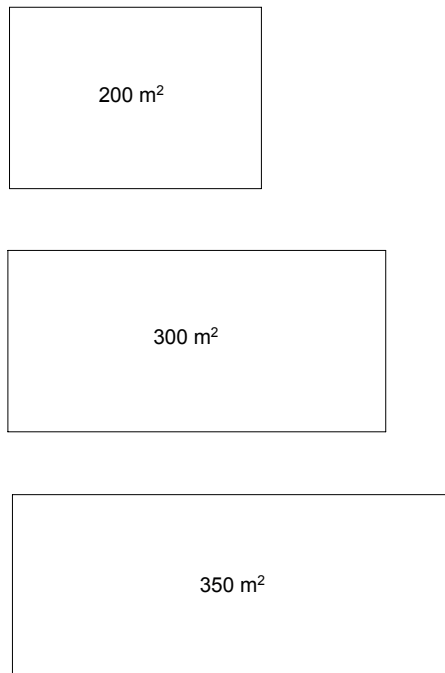
3. CASE 1: KERROSTEN JAKAMINEN ASUNTOIHIN

Ajatukseni kerrosten jakamisesta asuntoihin lähtivät Wissam Wahbeh (2018) julkaisemasta videosta Parametric Floor Plan Design I One Code, Endless Solutions. Videossa on suorakaiteen muotoinen kerrostalon pohja, jonka koko muuttuu. Rakennus on pistetalo ja porrashuone sijaitsee sen keskellä. Asuntojen koot ja käytävän koko mukautuvat tehtyihin muutoksiin.

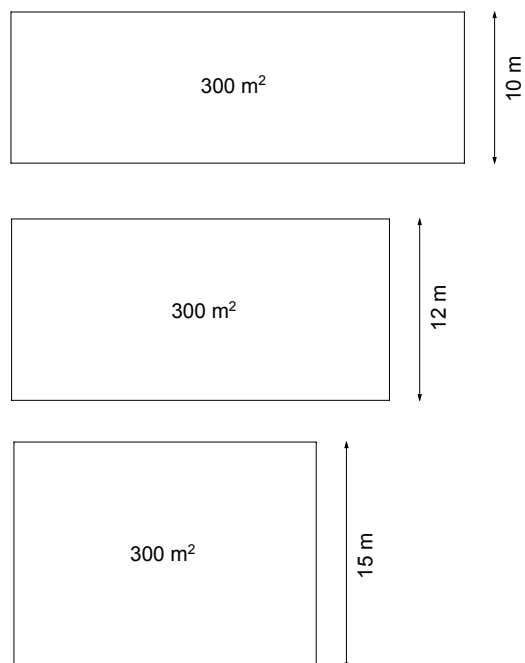
3.1. LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

Pohjien parametrinen suunnittelun lähtökohtana on ajatus siitä, että suunnittelija pystyy nopeasti tuottamaan useita vaihtoehtoja rakennuksen massasta ja sen mahdollistamasta asuntojakaumasta. Keskeinen työkalun kehittämisen tavoite oli pystyä valitsemaan asemakaavasta rakennusalaan ja rakennuksen muotoon liittyvä tieto. Valitsin aluksi neljä kontrollipistettä, joiden liikuteltavuus oli vapaata. Näiden kontrollipisteiden väliin muodostui rakennusala.

Tämä ratkaisutapa ei kuitenkaan toiminut, sillä työkalu tarvitsee toimiakseen tarkkaa rajausta ja pohjamuoto tuli kyetä määrittelemään algoritmien avulla. Valitsin siis rakennuksen pohjan muodoksi suorakaiteen ja määrittelin sen matemaattisesti puolisuunnikkaan määritelmän avulla. Runkosyvyys, pinta-ala ja seinien väliset kulmat ovat siten matemaattisesti riippuvaisia toisistaan. Tämä mahdollistaa tarvittavan muokattavuuden tulevissa työvaiheissa, sillä muodostettujen algoritmien on tärkeää mahdollistaa monien eri ratkaisuiden toteutuminen,

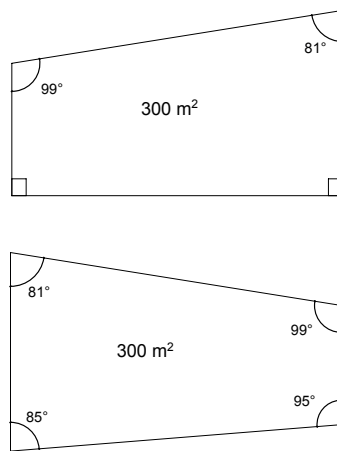


Kuvasarja 1. Pohjan pinta-ala kasvaa ja pienenee automaattisesti kirjoitettaessa haluttu rakennuksen pinta-ala. 1:500

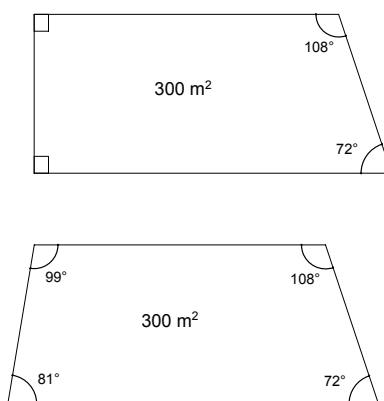


Kuvasarja 2. Runkosyvyyttä voi muuttaa ilman, että pohjan pinta-ala muuttuu. 1:500

Rakennuksen pohjan pinta-alaa voi muuttaa kirjoittamalla haluttu arvo Grasshopperiin. Pinta-alan muutos tapahtuu siten, että rakennusmassa pitenee. Jos taas rakennuksen runkosyvyyttä halutaan muuttaa, pinta-ala pysyy samana, mutta rakennusmassa vastaavasti lyhenee. Rakennuksen sekä pitkien että lyhyiden seinien kulmaa voi muuttaa ilman, että rakennuksen pinta-ala muuttuu. Näin voidaan varmistaa se, että rakennusoikeus ei muutu muokattaessa rakennuksen arkkitehtonista ilmettä. Rakennuksen pohjan muokattavuus on mahdollista myös myöhemmissä työvaiheissa, sillä algoritmit ovat yhteydessä kaikkiin tuleviin työvaiheisiin.

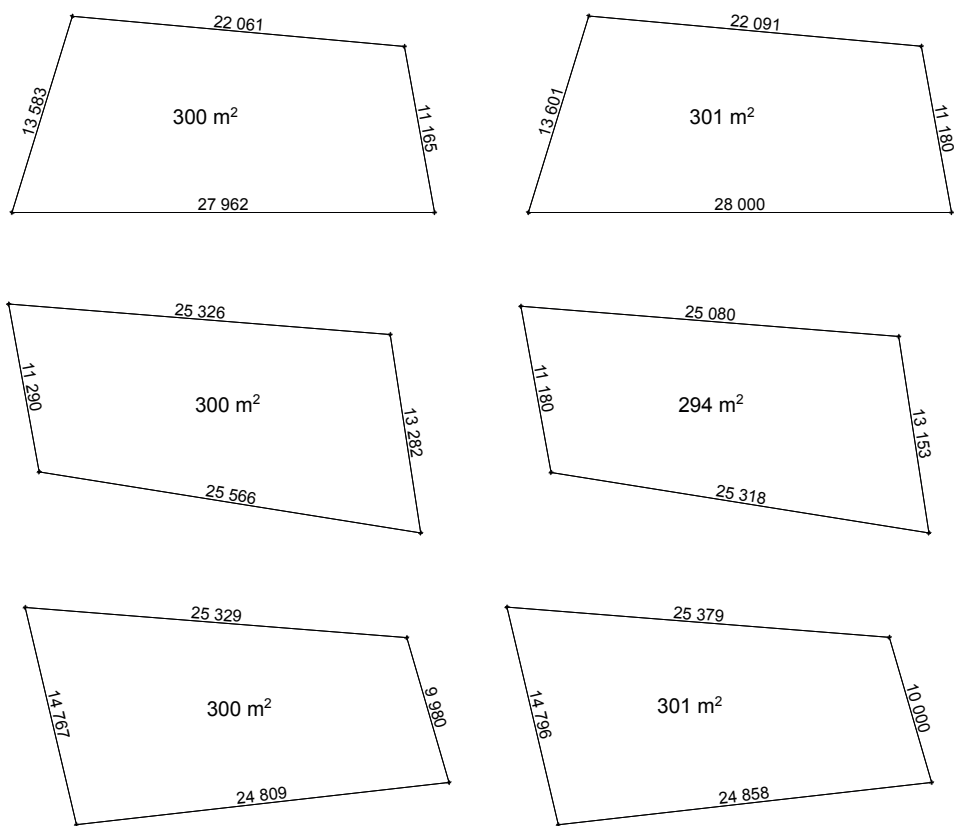


Kuvasarja 3. Rakennuksen pitkien seinien kulmaa voi muuttaa ilman, että pohjan pinta-ala muuttuu.
1:500



Kuvasarja 4. Rakennuksen päätyseinien kulmaa voi muuttaa ilman, että pohjan pinta-ala muuttuu.
1:500

Muodostamani matemaattinen yhtälö ei mahdollista kaikkien seinien kulmien muuttamista siten, että rakennuksen kerrosala pysyisi täysin halutussa arvossaan. Jos kaikkien seinien kulmaa muutetaan, pinta-ala joko kasvaa tai pienenee hieman. Lauseke rakennuksen pinta-alasta pitäisi muodostaa uudelleen, jotta se säilyisi myös tämänkaltaisissa tilanteissa. Ongelmaa ei muodostu, jos antaa Galapagos -ratkaisijan laskea tilanteen. Galapagos etsii tilanteessa sopivan arvon, jolla pohja pitää skaalata. Näin luonnosteltu rakennuksen muoto säilyy geometrialtaan samana ja saadaan myös haluttu kerrosala.



Kuvasarja 5. Kaikkien seinien kulmaa voi muuttaa Galapagoksen avulla. Galapagos skaalaa kuviota hieman, jotta pinta-ala on halutun kokoinen. Oikealla esitetty lähtötilanne ja vasemmalla skaalattu pohja. 1:500

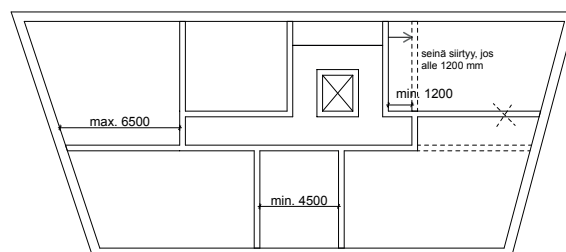
3.2. SUUNNITTELUN ALOITUS

Seuraavaksi pyrin jakamaan halutun rakennuksen pohjan asuntoihin. Kirjoitin Grasshopperiin algoritmin, joka muodostaa käsin muokattavia huoneiston välisiä seiniä. Seinien sijainnin muokkaus tapahtuu liukusäätimien eli sliderien avulla. Tavoitteena on, että myöhemmin tämän visuaalisen skriptin avulla pystyn ratkaisemaan halutun asunt jakauman Galapagoksen avulla.

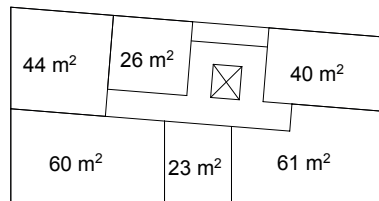
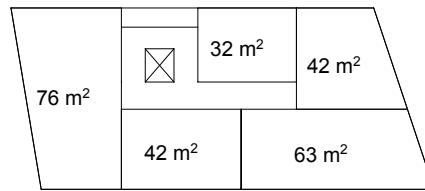
3.2.1. SEINIEN SIJAINNIN MUODOSTUS

Asuntojen väliset seinät pyrkivät muodostamaan yhtenäisiä kantavien seinien linjauksia. Algoritmi yhdistää melkein kohdikkain olevat kantavat seinät samaan linjaan. Tämä estää pienten mutkien muodostumisen pohjiin. Seinien sijainnit muodostuvat vain, jos seinien rajaamalla asunnolla on yhteys porrashuoneeseen. Pystyn rajaamaan myös kapeimman mahdollisen asunnon leveyden esimerkiksi määrittelemällä minimietäisyydeksi 4500 mm. Käytävän päädyissä asunnon sisäänkäynnille on varattava aina vähintään 1200 mm kulku asuntoon.

Käyttämässäni ratkaisussa myös porrashuone vaikuttaa asunt jakaumaan. Porrashuoneen suuntaus on aina kohtisuorassa ulkoseinää vasten, johon se on kiinnitetty. Huoneistojen väliset seinät ovat myös kohtisuorassa ulkoseiniin nähden. Suorakulman muotoiset makuuhuoneet ovat helpommin kalustettavia. Päädyissä huoneistojen väliset seinät ovat määritelty muodostuvan saman suuntaisesti käytävän kanssa. Tilanteen olisi voinut ratkaista muullakin tapaa.



Kuvasarja 6. Huoneistojen välisten seinien muodostuminen. Katkoviivalla merkityt kuvaavat tilannetta, mitä tapahtuu mitan ollessa alle 1200 mm. Seinän sijainti muuttuu yhteneväksi linjaukseksi päädyn kanssa. Näin ei muodostu pieniä mutkia seiniin. 1:400



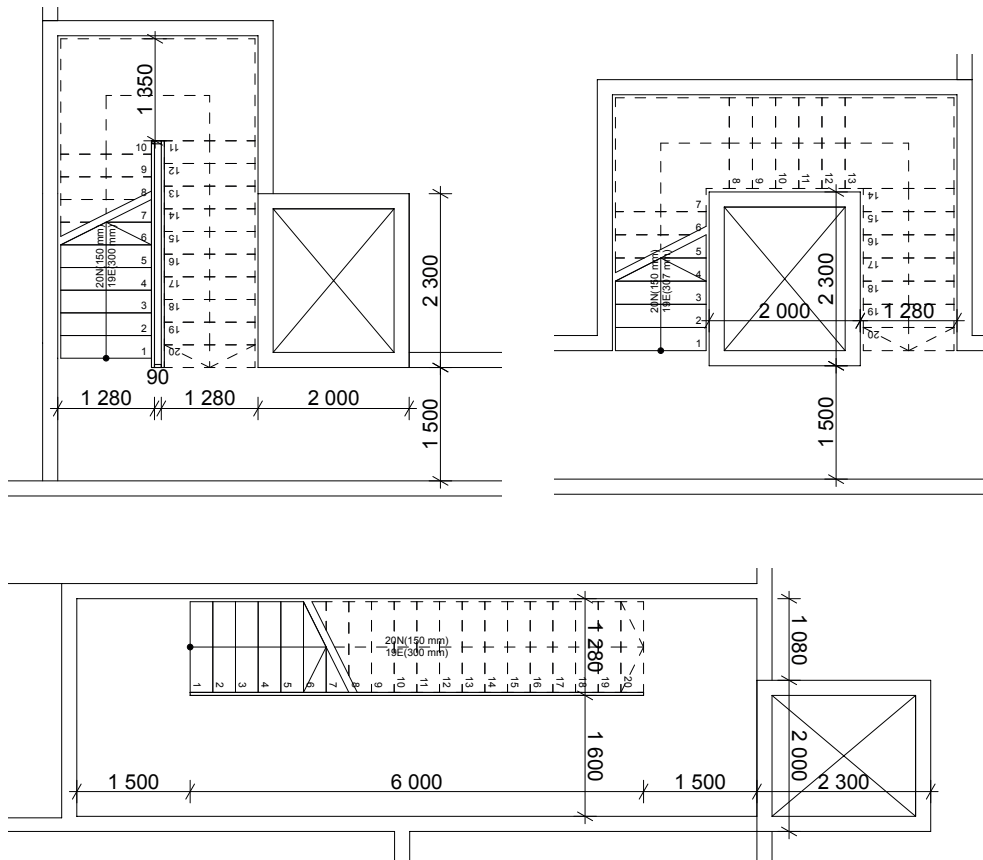
Kuvasarja 6. Huoneistojen väliset seinät ovat kohtisuorassa pitkiä ulkoseiniä vasten. Päädyissä huoneistojen väliset seinät muodostuvat käytävän suuntaisesti. Porrashuone on aina kohtisuorassa vasten ulkoseinää, johon se on kiinnitetty.

1:500

3.2.2. PORRASHUONE JA KÄYTÄVÄT

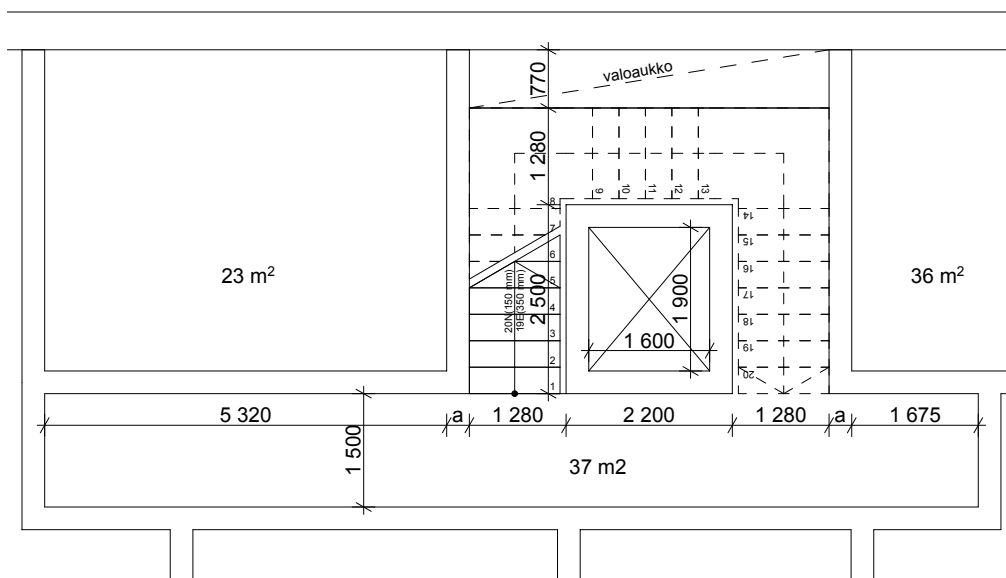
Porrashuoneen sijainti on tärkeä osa sitä, miten rakennettu ympäristö muodostuu ja siksi porrashuone tulisi suunnitella arkkitehdin ammattitaidolla. Vaikuttavia tekijöitä siihen, kummalle puolelle rakennusta porrashuone kannattaa sijoittaa, ovat esimerkiksi sijainti ja ilmansuunta, ympäristö, kuten arvokkaat näkymät, viihtyisät puistot, ihmisten käyttämät reitit, tuulen suunta ja melu. Lisäksi vaikutus rakennuksen arkkitehtuuriin on suuri, sillä se joko aktivoi pihaa tai katutilaa. Porrashuone vaikuttaa myös siihen, kuinka asuntoihin kuljetaan kerrostalon sisällä. Tietokoneelle pitäisi syöttää huomattava määrä tietoa, jotta se pystyisi ehdottamaan ratkaisua, joka toteuttaisi nämä kaikki lähtöarvot. Siksi algoritmiavusteisessa suunnittelussa vastuu näistä jää arkkitehdille.

Porrashuoneella on suuri vaikutus siihen, minkälainen asuinkerrostalon pohjasta tulee. Porrashuone täytyy valita sen mukaan, minkälainen runkosyvyys rakennuksella on ja miten rakennukseen halutaan kuljettavan. Diplomityötä aloittaessani en ymmärtänyt huomioida porrashuoneen mitoitusta juuri lainkaan, vaan määrittelin porrashuoneen pelkkänä aluevarauksena. Myöhemmin huomasin, että jos porrashuonetta ei suunnitella, en pystynyt suunnittelemaan asuntojakaan. Tässä työssäni käytän vain yhden tyyppistä porrashuonetta. Mahdollisesti tulevaisuudessa kehitän työkaluani siten, että porrashuonetyyppi vaihtuu esimerkiksi runkosyvyyden mukaan optimaaliseen porrashuoneeseen.



Kuvasarja 7. Esimerkkejä eri ratkaisista porrashuoneeseen.

1:100

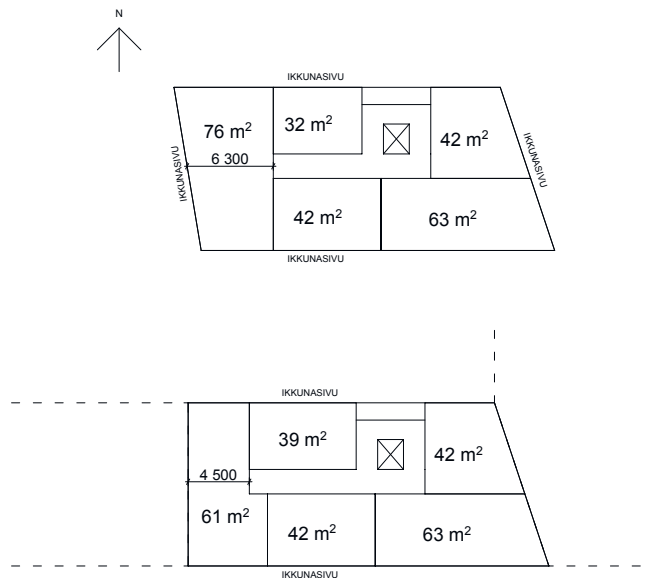


Kuva 8. Valitsemani porrashuone, jota käytän työssäni.

1:100

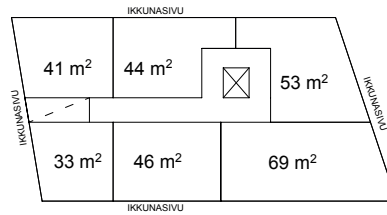
Kun rakennuksen runkosyvyys on valittu ja haluttu porrashuone on suunniteltu, arkkitehti voi suunnittelutyössä seuraavaksi valita portaan sijainnin ja porrashuoneen mahdollisten ikkunoiden avautumissuunnan. Omassa työssäni määrittelin portaan sijoittuvan aina automaattisesti pohjoisimman julkisivun puolelle. Valitsin työhöni U-portaan, joka kiertyy hissin ympärille. Portaan eteen jää valoaukko, jonka koko muuttuu käytävän sijaintia muutettaessa runkoon nähden. Jos pohjaan haluttaisiin toisenlainen ratkaisu, täytyy muodostettuja algoritmeja tarkastella uudestaan. Kappaleessa 3.2.3. tarkastelen enemmän porrashuoneen joustavaa sijaintia ja sen vaikutusta asuntojen muodostumiseen.

Portaan ja hissin lisäksi myös käytävän leveyttä voi muuttaa. Määrittelin työssäni sen leveydeksi 1500 mm. Käytävän pituus riippuu taas siitä, miten syvä päätyhuoneiston halutaan olevan. Esimerkiksi arvon voi määrittellä pienemmäksi, jos rakennuksen pääty on toisessa rakennuksessa kiinni. Vastaavasti, jos asunnosta voi avata ikkunoita kahteen eri ilmanssuuntaan, on mahdollista kasvattaa päätyhuoneiston syvyyttä. Työssäni tarkastelen rakennusta, jonka päätyihin voi sijoittaa ikkunoita.



Kuvasarja 9. Käytävän päätyjen syvyyteen voi vaikuttaa muuttamalla parametrien arvoa. Alla olevassa vaihtoedossa ikkunat ovat vain pitkillä julkisivuilla, jolloin päätyjen syvyys ei voi olla kovin syvä.

1:500



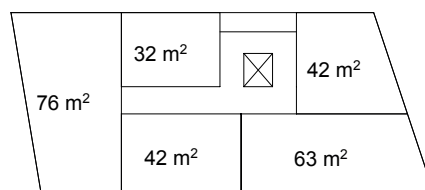
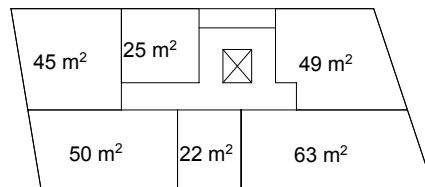
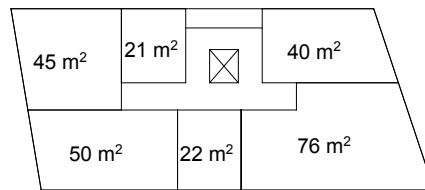
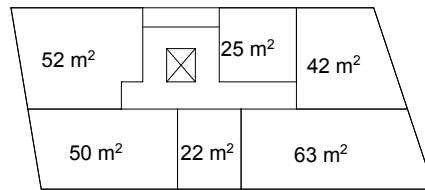
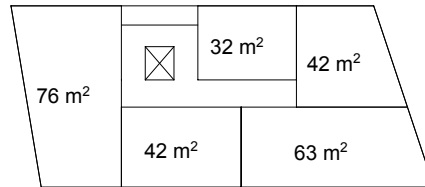
Kuvasarja 10. Päädyn syvyys voi olla myös nolla, jolloin käytävän linjaus jatkuu päätyyn asti.

1:500

3.2.3. PORRASHUONEEN VAIKUTUS ASUNTOJEN MUODOSTUMISEEN

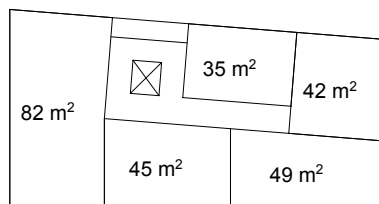
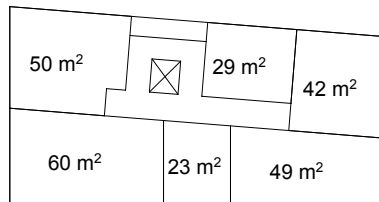
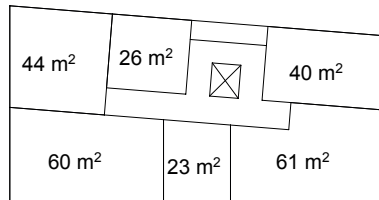
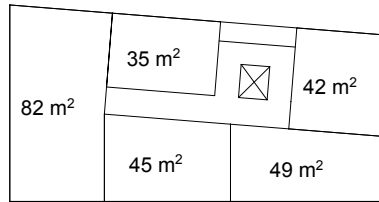
Porrashuone on oleellinen osa laskentaa. Käytännössä kaikki asuntojen seinät on kiinnitetty porrashuoneeseen. Jos porrashuone siirtyy, asunnot mukautuvat siirtymään. Porrashuoneisiin liittyy siis tärkeitä asuntojen muodostumiseen vaikuttavia parametreja. Lisäksi porrashuoneen sijainnille on työkalussa määritelty parametreja, jotka estävät esimerkiksi liian syvien asuntojen huonesyvyyksien muodostumisen laskennan aikana. Porrashuoneen pinta-ala pyrkii olemaan aina mahdollisimman pieni.

Kuten olen todennut, asunnot pyrkivät työkalussani muodostamaan selkeitä kantavien seinien linjauksia. Jos porrashuoneen sijainti aiheuttaa sen, että asuntoon ei ole enää yhteyttä käytävältä, algoritmi poistaa tilaa rajaavan seinän ja yhdistää sen viereisen asunnon kanssa. Seuraavissa kuvasarjoissa nähdään, kuinka asuntojen seinät muodostuvat uudelleen porrashuoneen paikkaa liikuteltaessa käytävää pitkin. Porrashuone liikkuu myös syvyys suunnassa. Algoritmissa on mukana muitakin huoneiston välisiin seiniin vaikuttavia tekijöitä, jotka vaihtelevat niiden sijaintia porrashuoneen pysyessä paikallaan.



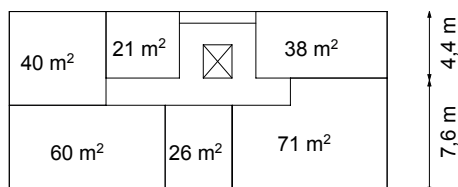
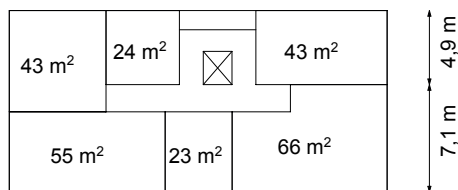
Kuvasarja 11. Portaan sijaintia muutetaan käytävällä, jolloin asunnot ja niiden pinta-alat mukautuvat automaattisesti. Porrashuoneen pinta-ala on mahdollisimman pieni. Päätyasunnon syvyys käytävän kohdalla on rajattu tiettyyn arvoon, jolloin käytävään muodostuu "ylimääräinen" pätkä. Tilannetta ei synny, jos asuntopohja on täysin suorakaiteen muotoinen.

1:500



Kuvasarja 12. Porrashuoneen vaikutus asuntoihin on sama, vaikka rakennuksen pohjan muotoa muutettaisiin.

1:500



Kuvasarja 13. Käytävän sijaintia rakennuksen runkoon nähden voi muuttaa.

1:500

3.3. ASUNTOJAKAUMAN LASKEMINEN KERROKSESSA

Määrittelin halutun jakauman työhöni siten, että jokaiseen kerrokseen tulee kuusi asuinhuoneistoa. Asuntojen määrän voi valita eli toteutus on mahdollinen myös viidellä tai kahdeksalla asunnolla. Työni keskittyy yhden asuinkerroksen jakamiseen asuntoihin. Oletuksena on, että saatuja kerroksia päällekkäin asetettaessa nähdään rakennuksen massoittelun muodostuminen. En ottanut suunnitelmassani huomioon tarkastelua, jossa tietty asuntojakauma haluttaisiin jakaa eri kerrosten välille. Lähtökohtana oli, että jos ylempiin kerroksiin haluaa variaatiota asuntopohjiin, voi pienempiä asuntoja esimerkiksi yhdistää. Käytän laskennassa Galapagosta, joka on Grasshopperin lisäosa.

3.3.1. GALAPAGOS LASKENNASSA

Galapagos pyrkii muodostamaan pyydettyjen ja sen laskennan aikana saamien tulosten erotusten itseisarvojen summan olemaan mahdollisimman pieni. Mahdollisimman parhaaseen tulokseen Galapagos pyrkii pääsemään muuttamalla valittujen parametrejen arvoja. Keräsin alle parametreja, joita käytin parametrisen mallin muodostamiseen. Seuraavissa esimerkeissä muuttujina on käytetty porrashuoneen sijaintia käytävään ja runkoon nähden sekä seinien välisten kulmien arvoja.

The image shows the Galapagos software interface with various input parameters. The parameters are organized into two main columns. The left column includes: Bruttoala (300), RUNKOSYVYYS (m) (12), Rakennuksen sijainti x (10), Rakennuksen sijainti y (30), y (0.0), y (0.0), x (-1.0), x (-1.3), PORRASHUONEEN SIJAINTI KÄYTÄVÄÄN NÄHDEN (0.740), PORRASHUONEEN LEVEYS (4.76), KÄYTÄVÄN SIJAINTI RUNKOON NÄHDEN (4.50), and PORRASSYÖKSYN LEVEYS (1.28). The right column includes: HISSIN SYVYYS JA VAADITTAVA PORRASMÄÄRÄ (5.28), HISSIN SIVUTTAISEN SIJAINTI (0.500), HISSIN LEVEYS (1.6), HISSIN SEINÄT (0.3), KÄYTÄVÄN LEVEYS (1.5), MÄÄRITELTY MAX. SYVYYS PÄÄTYHUONEISTOLLA (6.2), SEINIEN PAKSUUS (0.30), KERROSKORKEUS (3), VÄLIPOHJAN PAKSUUS (0.3), 1 JAKO (0.133), 2 JAKO (0.885), 3 JAKO (0.845), and 4 JAKO (0.440). Each parameter has a corresponding slider or input field.

Parametreja, jotka olen määritellyt muuttujiksi työkalussani. Näitä arvoja muuttamalla saadaan muodostettua uusia ratkaisuja.

Esimerkki 1

Halutut pinta-alat	Saadut pinta-alat	Erotus	Galapagoksen esittämä ratkaisu
23 m ²	23 m ²	-	
28 m ²	28 m ²	-	
43 m ²	43 m ²	-	
48 m ²	48 m ²	-	
51 m ²	51 m ²	-	
61 m ²	61 m ²	-	

Järjestetty Pinnan jako (%)	{0;0}
0 17	
1 19	
2 20	
3 9	
4 11	
5 24	

Kirjoitin halutut pinta-alat satunnaisessa järjestyksessä prosentteina. Tässä ne on järjestetty samaan järjestykseen kuin tulokset esiintyvät. Prosenttien yhteenlaskettu summa on 100%. Ne käsittävät vain asuinkerrosalan. Ne eivät ota huomioon porrashuoneen pinta-alaa, sillä sen pinta-ala saattaa muuttua ratkaisua etsittäessä.

Haluttu jakauma (m2)	{0;0;0}
0 43.086967	
1 48.156022	
2 50.690549	
3 22.810747	
4 27.879802	
5 60.828659	

Haluttu jakauma neliömetreinä on laskettu valituista prosenteista. Luvut helpottavat prosenttiosuuksien valintaa. Luvut esiintyvät tässä desimaalilukuina, mutta luonnosvaiheessa pyöristän pinta-alat neliön tarkkuudelle.

Porrashuoneen pinta-ala	{0;0}
0 47.053253	

Porrashuoneen koko muuttuu tarvittaessa, sillä sen sijainti voi muuttua runkoon nähden.

Galapagos (m2)	{0;0;0;0}
0 42.976823	
1 48.130501	
2 50.66289	
3 22.914394	
4 27.893575	
5 60.874564	

Galapagos muuttaa algoritmissa olevien valittujen parametrien arvoja parhaan tuloksen löytämiseksi. Galapagoksen suorittaman laskennan jälkeen saadaan pinta-alat, jotka ovat mahdollisimman lähellä haluttua tulosta.

Erotus (m2)	{0;0;0;0}
0 -0.110144	
1 -0.025521	
2 -0.027659	
3 0.103647	
4 0.013773	
5 0.045905	

Galapagos pyrkii ratkaisemaan tuloksen, jossa erotusten itseisarvojen summa on mahdollisimman pieni. Erotuksesta näkee, kuinka lähelle haluttua pinta-alaa päästiin. Esimerkissä 1 erot ovat erittäin pieniä.

Luku mahdollisimman pieni	{0;0;0;0}
0 0.326648	

Esitetty luku on erotusten itseisarvojen summa. Galapagos pyrkii pitämään tämän arvon mahdollisimman pienenä. Tässä esimerkissä ero on erittäin pieni.

Esimerkki 2 A

Halutut pinta-alat	Saadut pinta-alat	Erotus	Galapagoksen esittämä ratkaisu
28 m ²	28 m ²	-	
30 m ²	29 m ²	1 m ²	
38 m ²	42 m ²	-4 m ²	
51 m ²	51 m ²	-	
51 m ²	51 m ²	-	
56 m ²	54 m ²	2 m ²	

Järjestetty Pinnan jako (%)
{0;0}
0 12
1 22
2 20
3 15
4 11
5 20

Haluttu jakauma (m2)
{0;0;0}
0 30.436982
1 55.801134
2 50.728304
3 38.046228
4 27.900567
5 50.728304

Porrashuoneen pinta-ala
{0;0}
0 46.864482

Galapagos (m2)
{0;0;0;0}
0 28.717841
1 53.751586
2 50.67364
3 41.917478
4 27.894722
5 50.686252

Erotus (m2)
{0;0;0;0}
0 -1.719141
1 -2.049548
2 -0.054664
3 3.87125
4 -0.005845
5 -0.042051

Luku mahdollisimman pieni
{0;0;0;0}
0 7.7425

Esimerkki 2 A ei tuottanut yhtä tarkkaa tulosta, kun edellisessä esimerkissä 1 nähtiin.

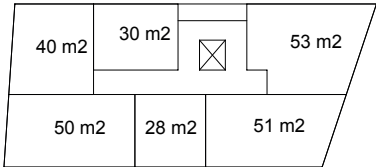
Galapagos laski tilanteen samojen muuttujien avulla. Näitä ovat päätyseinien kulmat, porrashuoneen sijainti käytävään ja runkoon nähden, sekä huoneiston välisten seinien sijainnit.

Laskennassa saatu tulos heitti melkein 8 neliötä, joten päädyin tekemään laskelman vielä uudestaan. Lisäsin laskentaan mukaan vielä yhden parametrin. Parametri muokkaa päätyjen syvyyttä. Halusin nähdä löytäisikö Galapagos paremman ratkaisun, jos se saa vaikuttaa myös käytävän pituuteen.

Porrashuoneen pinta-ala on esimerkki 2 A:ssa pyöristettynä 47 m².

Asuntojen kokojen erotus vaihtelee noin. -4 - 2 neliön välillä.

Esimerkki 2 B

Halutut pinta-alat	Saadut pinta-alat	Erotus	Galapagoksen esittämä ratkaisu
30 m ²	30 m ²	-	
56 m ²	53 m ²	-3 m ²	
50 m ²	50 m ²	-	
38 m ²	40 m ²	2 m ²	
28 m ²	28 m ²	-	
50 m ²	51 m ²	1 m ²	

Järjestetty Pinnan jako (%)
{0;0}
0 12
1 22
2 20
3 15
4 11
5 20

Haluttu jakauma (m2)
{0;0;0}
0 30.292741
1 55.536692
2 50.487902
3 37.865926
4 27.768346
5 50.487902

Porrashuoneen pinta-ala
{0;0}
0 48.066491

Galapagos (m2)
{0;0;0;0}
0 30.201495
1 53.443074
2 50.480679
3 40.03686
4 27.776061
5 50.50134

Erotus (m2)
{0;0;0;0}
0 -0.091246
1 -2.093618
2 -0.007222
3 2.170934
4 0.007715
5 0.013438

Luku mahdollisimman pieni
{0;0;0;0}
0 4.384173

Esimerkki 2 B pyrki löytämään tarkemman tuloksen esimerkki 2 A:n jakaumaan. Lisäsin muuttujan, joka pystyi vaikuttamaan käytävän pituuteen. Porrashuoneen pinta-ala kasvaa 48 m². Eli se on neliön suurempi kuin esimerkissä 2 A:ssa.

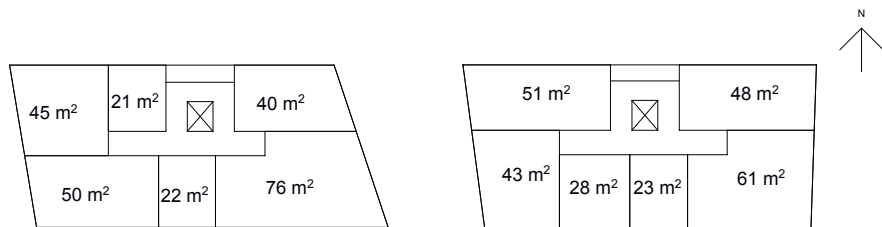
Kasvattamalla porrashuoneen kokoa neliöllä erotusten itseisarvojen summa on enää neljä neliötä. Tulos parani siis melkein puolella. Tämä osoittaa sen, että mitä useampia muuttujia laskennassa on sitä tarkempaan tulokseen päästään. Se kuitenkin merkitsee sitä, että laskenta-ajat pitenevät.

Porrashuoneen pinta-ala on esimerki 2 A:ssa pyöristettynä 47 m². Esimerkki 2 B:ssä pinta-ala on 48 m².

Asuntojen kokojen erotus vaihtelee noin. -3 - 2 neliön välillä. Pääsimme siis parempaan tulokseen vain yhden muuttujan lisäyksellä.

3.4. TULOSTEN TARKASTELU JA ARVIOINTI

Edelliset esimerkit osoittavat, että työskentely asuinkerrostalon pohjan asuntoihin jakavalla algoritmilla toimii melko hyvin ja se tuottaa pyydettyjä ratkaisuja riittävän tarkasti. Työkaluun ei ole tällä hetkellä muodostettu algoritmia, jolla voisi vaikuttaa esimerkiksi siihen, mihin ilmansuuntaan asunnot avautuvat. Esimerkiksi pienten asuntojen ei ole välttämättä viisasta avautua pelkästään pohjoiseen ilmansuuntaan. Ilmansuunnan lisäksi asuntojen suuntautumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi upeat näköalat tai ruuhkaiset tiet. Näitä olisi hyvä miettiä tulevaisuudessa työkalua kehitettäessä.

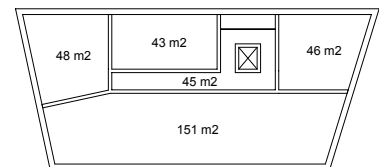
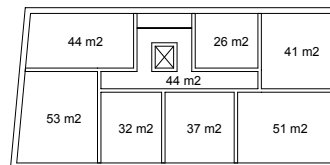
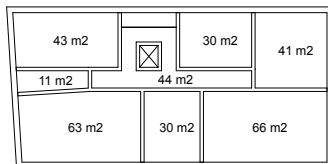
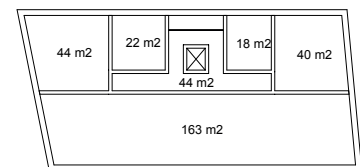
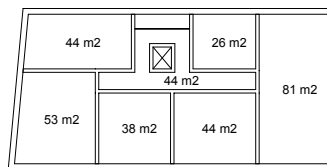
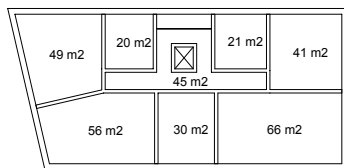
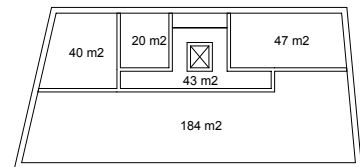
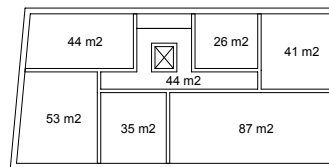
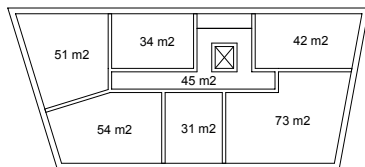
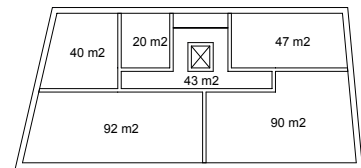
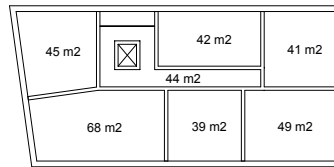
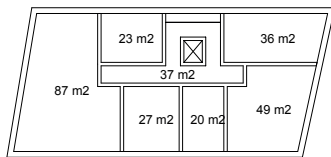
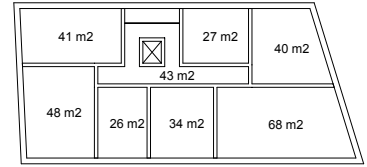
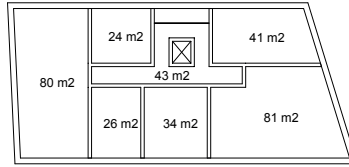
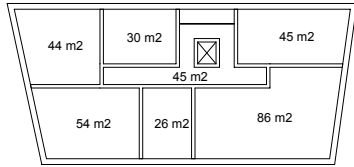
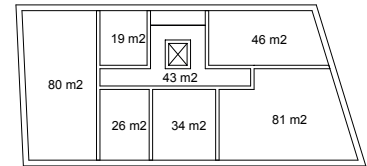
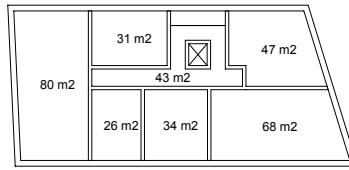
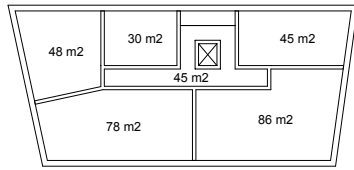


Kuva 15. Pieniä asuntoja ei ole ehkä viisasta sijoittaa täysin pohjoiseen ilmansuuntaan (vas). Oikealla esitetty ratkaisu tuntuu järkevämältä. Arkkitehti voi vaikuttaa tähän myös kääntämällä koko rakennuksen suuntausta.

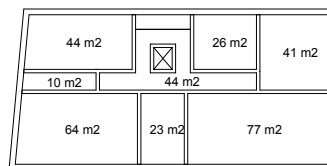
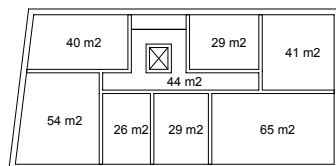
Seuraavan aukeaman kuvasarjalla pyrin esittämään ratkaisuja, joita työkalulla saa muodostettua. Pohjien ei ole tarkoitus olla järkevän muotoisia asuinkerrostalon pohjia, vaan ne testaavat Galapagoksen toimintaa. Pohjista on mielenkiintoista seurata minkälaisia ratkaisuja työkalu pyrkii ehdottamaan ja minkälaisia ratkaisuja se ei ehdota. Löysin algoritmistani tämän avulla ainakin muutamia puutteita, jotka aion korjata jatkotyöstäessäni työkalua.

Pohjien tutkiminen herätti ajatuksia myös mahdollisten parvekkeiden muodostamisesta asuntoihin. Nopean kokeilun yhteydessä totesin, että esimerkiksi sisäänvedettyjen parvekkeiden toteutus laskennassa voisi olla mahdollinen esimerkiksi vähentämällä asunnon pinta-alasta parvekkeen vaatima tila ja ratkaisemalla asuntajakauma näiden arvojen avulla. Mahdollinen parveke pitäisi luoda seuraavassa vaiheessa eli asuntojen huonejaon suunnittelussa. Kaikkien uusien yksityiskohtien huomioon ottaminen vaatisi algoritmien rakentamista osittain uudelleen.

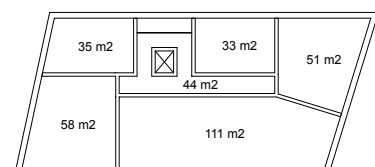
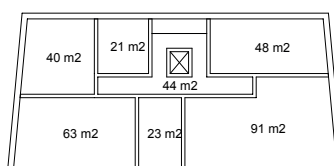
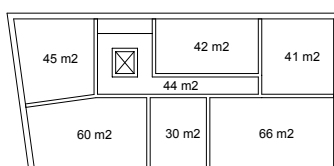
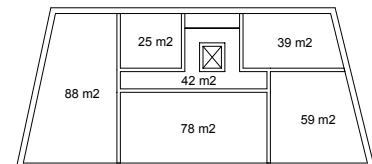
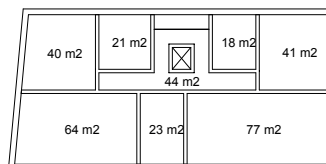
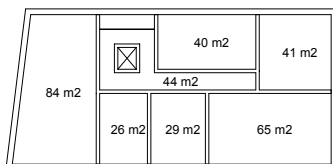
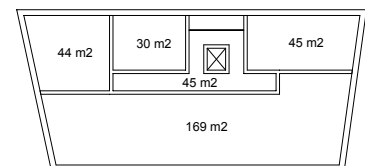
Kuva 16. Seuraava aukeamalla on esitetty erilaisia pohjajakaumia, joita kokeilin työkalulla. Työkalulla pystyy tekemään erittäin pieniä ja suuria asuntoja. Työkalu toteuttaa pinta-alat, vaikka ne eivät olisi mitenkään järkeviä asuntopohjina. Pohjia tutkimalla voi erottaa muutamia ratkaisuja, joita Galapagos ei näytä toteuttavan. Vaikuttaa siis siltä, että se suosii enemmän toisia ratkaisuja. Tämä saattaa johtua algoritmista olevasta virheestä.



ei pitäisi toteuttaa

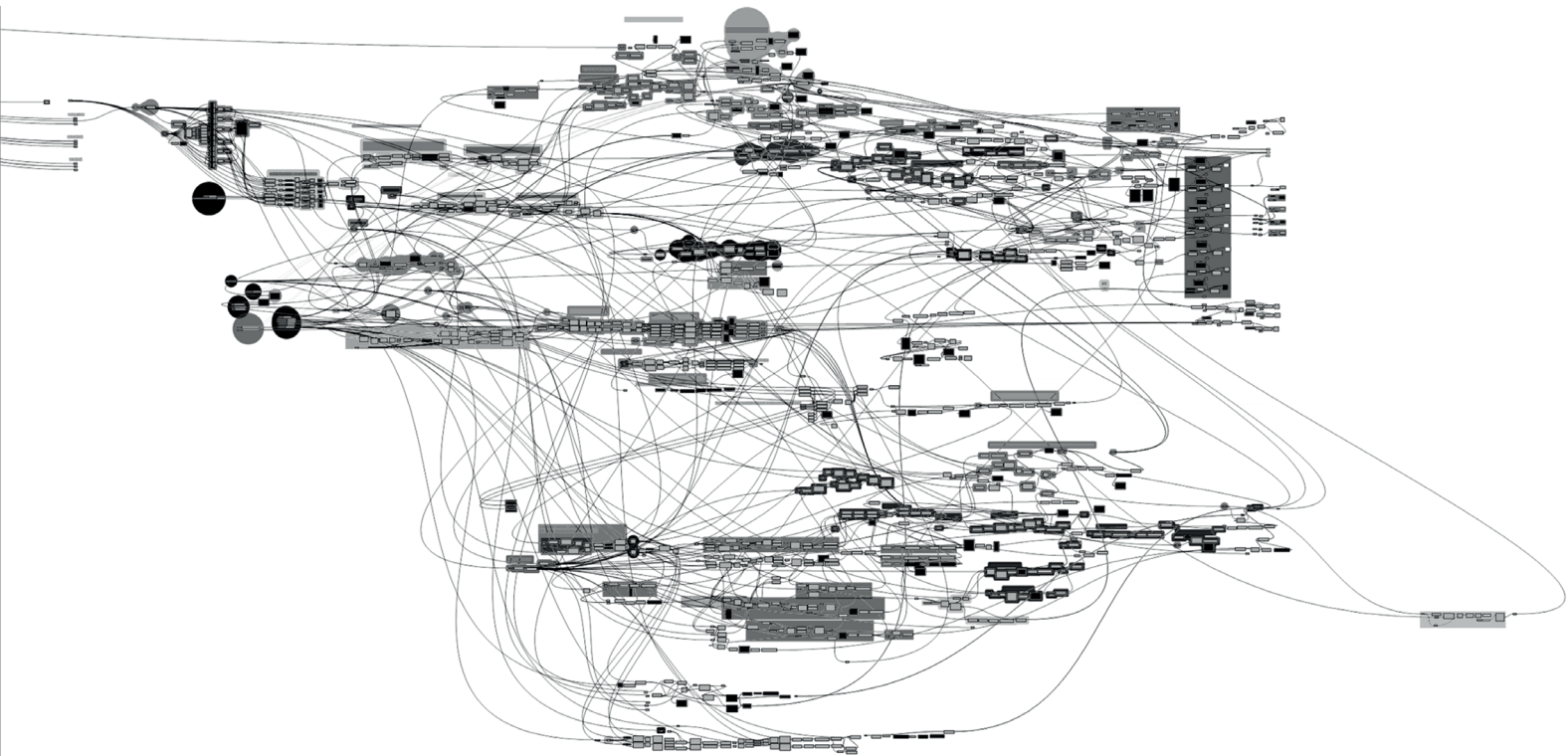


ei pitäisi toteuttaa



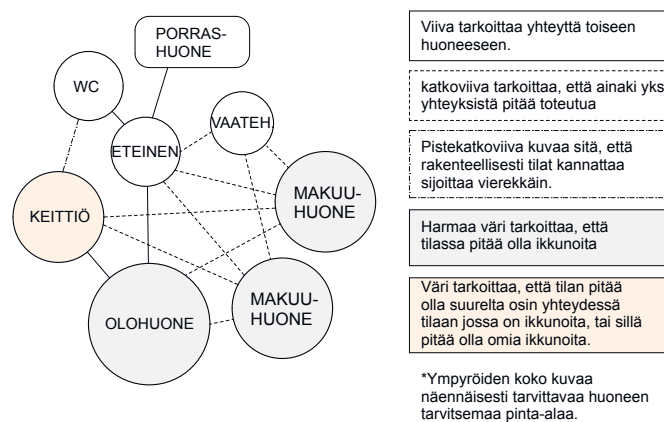


Ei toteuta esimerkiksi vaihtoehtoa, jossa huone olisi sijoitettu kuvan värin osoittamalla tavalla.

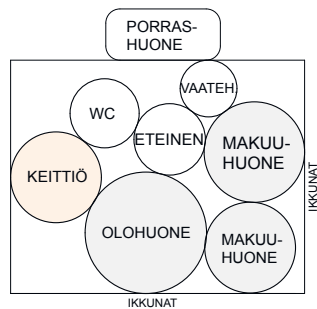


4. CASE 2: ASUNTOJEN JAKAMINEN HUONEISIIN

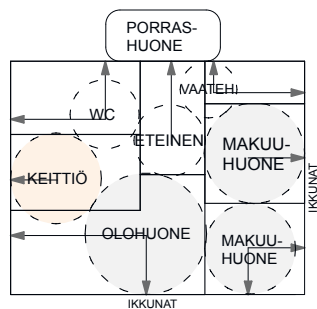
Työtä tehdessäni tutustuin hieman peliteollisuuden tilasuunnitteluun kehitettyihin generaatiometodeihin. Ne eivät sinänsä keskittyneet arkkitehtuuriin, mutta ne pyrkivät kehittämään toimivaa ja loogista ympäristöä. Asuinkerrostalon arkkitehtisuunnittelun kannalta esille nousevia kysymyksiä olivat tilallinen jatkuvuus ja kantavien rakenteiden jatkuminen kerrosten läpi. Otin ideoita näistä malleista. Yhtenä esimerkkinä rajoitettuun kasvuun perustuva menettelytavan tutkimus *A constrained growth method for procedural floor plan generation* (Lopes et al 2010). Lisäksi sain ideoita työstä *Intelligent design objects applied to the spatial allocation problem* (Fernandez 2014). Näiden perusteella loin ensimmäiset ajatusmallini, joita käsitellen seuraavaksi.



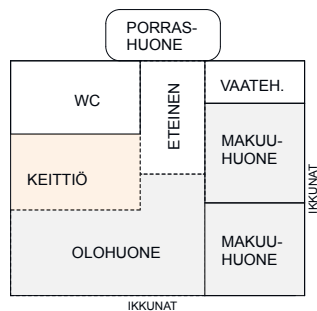
Ensimmäinen ajatusmalli, joilla voisin toteuttaa asunnon tilallisen suunnittelun.



*Ympyrät etsivät paikkansa annetun tilan sisältä siten, että yhteydet säilyvät.



*Ympyrät "laajentuvat" asetetusta keskipisteestä kohti läheisiä seinä ja muodostavat tarvitsemansa tilan.



* Tyhjät kolot täyttyvät tarvittaessa.

Kaavio asunnon muodostuksesta rajoitettuun kasvuun perustuvan tutkimuksen mukaisesti.

Lopullinen työni muodostui ajattelutavaltaan hieman erilaiseksi, sillä se syntyi pitkässä yli puolen vuoden prosessissa. Haasteina yläpuolella esitetystä ajatusmallista oli, että huoneiden mittoja piti pystyä rajoittamaan. Kaikki mitat ovat sidoksissa toisiinsa, ja jos yksi ratkaisusta ei voi toteutua, algoritmi etsii toista. Kaiken lisäksi minun piti yhdistää nämä ratkaisut rajaavaan algoritmiin, jolla pystyn vaikuttamaan siihen, minkälainen esitetyn asuntopohjan arkkitehtuuri tulee olemaan.

En paneudu työssäni algoritmeihin tätä ajatustasoa enempää. Kerron kuitenkin vielä kappaleessa 4.2, kuinka voin vaikuttaa asuntopohjan arkkitehtuuria määrittäviin tekijöihin.

4.1. LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

Työn alkuun määrittelin pinta-alat, jotka ryhmittelevät asunnot yksiöihin, kaksioihin sekä kolmen ja neljän huoneen huoneistoiksi. Yksi mahdollisuus olisi ollut valita lukuarvot normaalin asuntotuotannon jakauman mukaisesti:

Yksiöt

Asuntojen neliömäärä vaihtelee 21–36 m² välillä

Kaksiot

Asuntojen neliömäärä vaihtelee 37–52 m² välillä

Kolmiot

Asuntojen neliömäärä vaihtelee 53–67 m² välillä

Neliöt

Asuntojen neliömäärä vaihtelee 68–100 m² välillä

Päädyin kuitenkin työssäni haastamaan asuntotuotannon jakauman työkalun toimivuuden tarkastelemiseksi. Lähtökohtaisesti oli vaikea löytää perusteita siihen, miten asunnot tulisi neliömäärien mukaan jaotella eri kategorioihin. Esimerkiksi oli vaikea määritellä, minkä kokoinen pohjaratkaisultaan toimiva kolmio voisi olla pienimmillään. Tästä syystä lähdin kokeilemaan työkalua arvolla (47 m²), vaikka en uskonutkaan arvon toimivan kolmion pinta-alana. Halusin kuitenkin tarkastella tilannetta, jossa tarvittavien tilojen pinta-alat on asetettu minimiin ja pystyisin tutkimaan onko Galapagoksen mahdollista löytää tilanteeseen ratkaisua. Siksi päädyin kirjoittamaan arvot uudestaan:

Yksiöt

Asuntojen neliömäärä vaihtelee 21–36 m² välillä

Kaksiot

Asuntojen neliömäärä vaihtelee 37–46 m² välillä

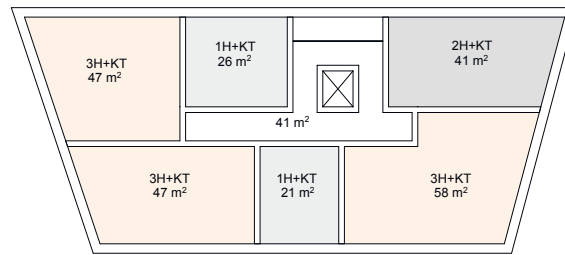
Kolmiot

Asuntojen neliömäärä vaihtelee 47–67 m² välillä

Neliöt

Asuntojen neliömäärä vaihtelee 68–100 m² välillä

Kirjoitin halutut pinta-alat Grasshopperiin ja annoin Galapagoksen ratkaista kerroskohjan asuntojakaumasta. Seuraavassa vaiheessa pyrin tarkastelemaan sitä, onko asunnon muoto mahdollista jakaa toimivaksi asunnoksi.



Galapagoksen esittämä ratkaisu jakaumasta.

1:500

Asuntopohjan suunnittelun lähtökohtana on mitoitus, joka määrittellään sen mukaan, miten kiinto- ja irtokalusteet mahtuvat tilaan. Lisäksi suunnitelman täytyy toteuttaa esteettömyysvaatimukset ja mahdollistaa riittävän leveät kulkuyhteydet tilojen välillä.

Käytän Galapagosta tällä kertaa siten, että se pyrkii saamaan mahdollisimman suuren arvon, eli se yrittää toteuttaa mahdollisimman monta vaatimusta, jota sille annetaan. Asuntojen toimivuuden pisteytys toimii siten, että asunnoissa on tiettyjä asioita, joiden on toteuduttava ratkaisussa. Tällaisia tilanteita määrääviä tekijöitä ovat esimerkiksi rakennusmääräykset, joiden perimmäisenä tavoitteena on edesauttaa toimivien ja viihtyisien tilojen suunnittelua. Asetin siis algoritmeille seuraavia vaatimuksia:

Algoritmeille asetetut vaatimukset:

1. Asunnossa on kylpyhuone, johon mahtuu pyörähdysympyrä (\varnothing 1500 mm)
2. Asunnossa on haluttu määrä makuuhuoneita, joihin mahtuu sänky. Pinta-alan täytyy olla vähintään 7 m² ja makuuhuoneessa on pystyttävä liikkumaan
3. Eteisessä täytyy olla tilaa pyörähdysympyrälle (\varnothing 1500 mm)
4. Asunnossa pitää pystyä kulkemaan tilasta toiseen
5. Asunnossa pitää olla olohuone ja keittotila.
6. Asuntoihin ei saa jäädä hassuja pieniä tiloja, joita ei voi kalustaa mitenkään.

Jos yllä mainitut kohdat toteutuvat, Galapagos alkaa etsiä lisää ratkaisuja, joissa asunnon arvo on mahdollista saada entistä korkeammaksi. Lisäpisteitä tuovat vaatimukset on määritelty niin, että toteutuessaan ne tuovat lisää pisteitä, mutta niiden puuttuminen ei vähennä asunnon arvoa. Tällaisia ovat esimerkiksi:

Algoritmeille annetut valinnaiset tapahtumat, jotka tapahtuvat vain onnistuessaan.

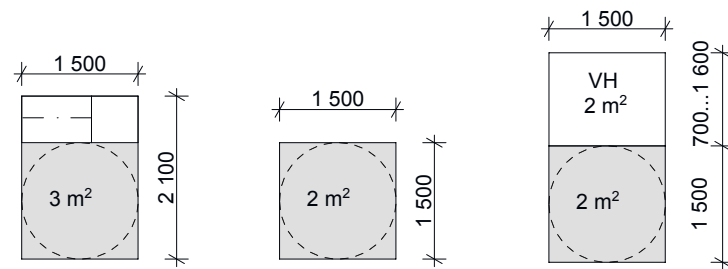
1. Eteisen yhteydessä oleva kaappitila tai vaatehuone
2. Kylpyhuoneen riittävä koko, jotta mahtuu kiintokalusteita.
3. Makuuhuoneeseen mahtuu kaappitilaa ja mahdollisesti muita kalusteita.

Tällaisella pisteytyksellä saadaan toteutumaan mahdollisimman paljon toivottuja tilanteita, jos vaadittujen tapahtumien toteutuminen on ylipäätään mahdollista.

4.1.1. ETEINEN JA SISÄÄNKÄYNTI

Eteinen seuraa asunnon ulko-oven sijaintia. Huoneiston ulko-oven sijainti on yksi parametreista, jonka sijainti muuttuu laskennan aikana ja se vaikuttaa kaikkien huoneiden muodostumiseen. Oven eteen varataan aina tilaa pyörähdysympyrälle (\varnothing 1500 mm). Pienin eteinen on määritelty 3 m² kokoiseksi. Kapeimmillaan eteinen on leveydeltään vain pyörähdysympyrän verran. Lisäksi huomioidaan tarvittavat kiintokalusteet. Kiintokalusteiden sijoittaminen tilaan ja niiden toiminnallisuuden varmistaminen on yksi asioista, joka tarvitsee työkalussani vielä tarkempaa kehittelyä.

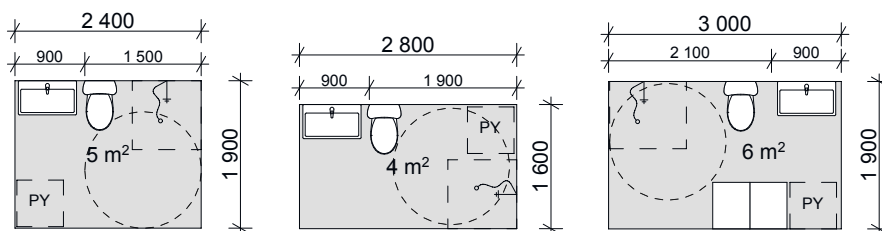
Eteisestä täytyy olla yhteys olohuoneeseen. Yksi vaihtoehtoja rajaavista tekijöistä on eteisen ja olohuoneen välisen kulkuyhteyden leveys (lisää kohdassa 4.2.). Määrittelin, että pienin mahdollinen kulkuyhteys on leveydeltään yhden metrin. Käytävä, joka jää mahdollisesti eteisen ja olohuoneen väliin on myös yksi vaihtoehtoja rajaavista tekijöistä. Lisäksi liian pitkä käytävä kasvattaa eteisen kokoa liian suureksi. Otin suunnitteluun mukaan myös vaatehuoneen, joka on yhteydessä eteiseen. Vaatehuone on valinnainen lisäarvo, joka toteutuu sille sopivissa tilanteissa. Sen koko on määritelty pienemmäksi kuin 4.5 m².



Kuvasarja 17. Vasemmalla esitetty eteisen toimiva ratkaisu. Kapeimmillaan eteinen voi olla pyörähdysympyrän levyinen (\varnothing 1500 mm). Eteisen pienimmäksi pinta-alaksi on kuitenkin määritetty 3 m², jonka myötä eteisestä pitäisi löytyä kaappitilaa neliön verran. Vaatehuone liittyy eteiseen. Kuvassa on esitetty sen mahdollisia mittoja.

4.1.2. KYLPYHUONE

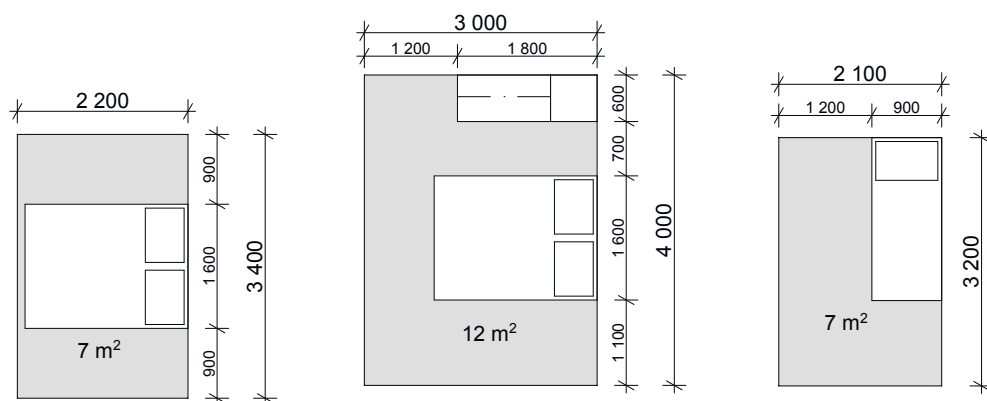
Kylpyhuone on yhteydessä eteiseen. Kapeimmillaan kylpyhuoneen leveys on 1600 mm. Käytin työssäni vakiona viiden neliön kokoista kylpyhuonetta. Myöhemmässä tarkastelussa totesin sen olevan liian pieni, jotta tilaan mahtuisi tarvittava määrä kiintokalusteita. Tulevaisuudessa voisin kehittää algoritmia siten, että se suhteuttaisi kylpyhuoneen pinta-alan automaattisesti asuinhuoneiston pinta-alaan. Tällä hetkellä kylpyhuoneen koko pitää muuttaa halutun kokoiseksi, jos se vaikuttaa asuntoon nähden liian isolta tai pieneltä.



Kuvasarja 18. Esitetty kylpyhuoneita, joiden koko vaihtelee 4–6 m² välillä.
Kylpyhuoneen pinta-alan tulisi olla suhteessa asunnon kokoon.

4.1.3. ASUINTILAT: MAKUUHUONE

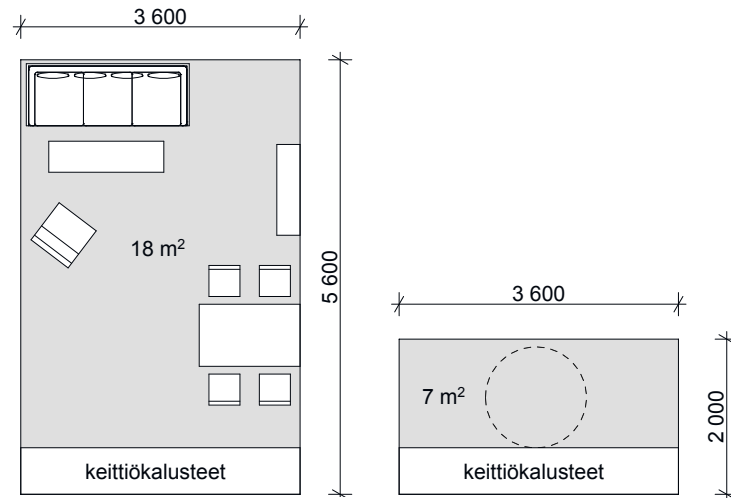
Makuuhuoneen mitoituksessa huomioin parisängyn mahtumisen tilaan. Mitoitustarkastelun perusteella määrittelin, että huoneen syvyyden tulee olla vähintään 2200 mm. Tässä tilanteessa parisänky mahtuu huoneeseen, ja kulku makuuhuoneeseen tapahtuu kahdesta eri ovesta. Jotkin huoneistot antavat mahdollisuuden tilavammalle makuuhuoneelle eli tilaa myös lastensängylle tai vaihtoehtoisesti vaatehuoneelle. Pienin makuuhuone on 7 neliötä. Näiden ratkaisujen mitoitusperiaatteet on esitetty alla.



Kuvasarja 19. Makuuhuoneen mitoituksen lähtökohtia. Pienin parisäisängyn tilavaatimukset toteuttava ratkaisu (vas.) vaatii kaksi ovea molemmille puolille sänkyä. Keskellä suuren asunnon makuuhuone ja oikealla on mitoitettu mahdollisimman pieni makuuhuone.

4.1.4. ASUINTILAT: OLOHUONE JA KEITTIÖ

Olohuoneen ja keittiön mitoituksessa olen käyttänyt lähtökohtana, että alle 2000 mm leveitä tiloja ei saa muodostua. Mitoitus tulee keittiökalusteiden ja pyörähdysympyrän (Ø 1300 mm) tilavaatimuksesta. Muilta osin en määritellyt olohuoneen muotoa enkä ratkaise keittiön tai keittotilan tarkkaa sijaintia. Olohuone ja keittiö ovat mahdollista jakaa kahteen erilliseen tilaan.



Kuvasarja 20. Olohuoneen ja keittotilan pinta-alan olisi hyvä olla yhteenlaskettuna noin 18 m².
Jos olohuone ja keittiö ovat erillisiä, keittiö kapeimmillaan 2000 mm.

4.2. VAIHTOEHTOJEN RAJAUS

Työskentelyn edetessä huomasin, että tulokset eivät olleet tarpeeksi lähellä sitä, mitä tavoittelen: laskenta-ajat olivat pitkiä ja algoritmi esitti lopputuloksena vain yhtä pohjaratkaisua, joka ei noudattanut hyvän asuinsuunnittelun periaatteita. Näiden Galapagoksen satunnaisten ratkaisujen optimoimiseksi asetin työkaluun rajaavia tekijöitä, joiden avulla pystyin vaikuttamaan esitettyihin ratkaisuihin. Keskityin pääasiassa makuuhuoneeseen ja kylpyhuoneeseen vaikuttaviin rajaaviin tekijöihin, koska näiden erillisiksi kappaleiksi käsiteltävien tilojen sijainnin myötä muodostuu arkkitehtonista tilaa. Suunnittelijan tehtäväksi jää arvottaa asuinhuoneiston ratkaisu ja arvioida sen toiminnalliset ominaisuudet.

Vaihtoehtoja rajaavia tekijöitä:

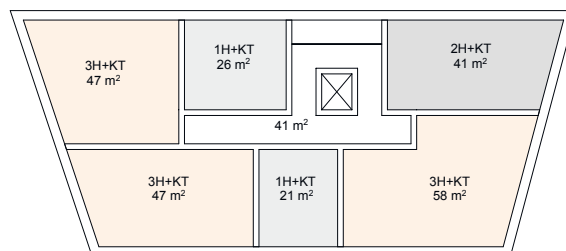
1. Eteisen pinta-ala mahdollisimman pieni. (Tämä estää liian pitkien käytävien muodostumisen)
2. Maksimaalinen ikkunapinta olohuoneeseen ja keittiöön. (Estää makuuhuoneen sijoittumisen kulmaan, jossa mahdollisuus sijoittaa ikkunoita kahteen ilmansuuntaan. Vastaavasti, jos tätä ei käytetä, on mahdollista saada olohuone ja keittiö erillisiksi tiloiksi.)
3. Makuuhuoneiden ikkunoiden suuntaus pohjoiseen. (Valitsee sijainnin perusteella)
4. Eteisellä ja olohuoneella mahdollisimman avoin yhteys. (Pyrkii muodostamaan oven sijainnin siten, että eteisen yhteys olohuoneeseen on mahdollisimman suuri.)

Asunto muodostuu suhteessa asunnon ulko-oven sijaintiin. Tästä syystä tein algoritmin, jolla Grasshopper mittaa sisäänkäynnin etäisyyttä huoneistojen välisistä seinistä, sekä sisäänkäynnin ja ulkoseinien etäisyyttä. Tämän avulla algoritmi toteaa, jos haluttu ratkaisu on mahdollinen. Jos se ei ole mahdollinen, Galapagos ehdottaa toista ratkaisua.

4.3. TULOSTEN TARKASTELU JA ARVIOINTI

Seuraavaksi esittelen pohjaratkaisuja, jotka sain toimimaan Galapagoksen laskennassa. Esitetyissä vaihtoehtoissa pyrin tarkastelemaan erittäin pieniä asuntoja, joiden kautta tarkastelin toteutuvatko asettamani minimiarvot halutulla tavalla. Kuvien yhteydessä selitän tarkemmin prosessia.

Nopeuttaakseni Galapagoksen laskentaa laskin jokaisen asunnon ratkaisut erikseen työkalulla. Laskennan jälkeen ratkaisu on leivottu (bake) Rhinoon. Tämä toistetaan kaikille asunnoille. Kuvasarjojen vasemmanpuoleinen kuva esittää ratkaisun, jonka Galapagos antaa. Oikeanpuoleinen kuva on kalustettu Archicadissa. Grasshopper huomioi kalusteiden vaatiman tilan mitoituksessa.



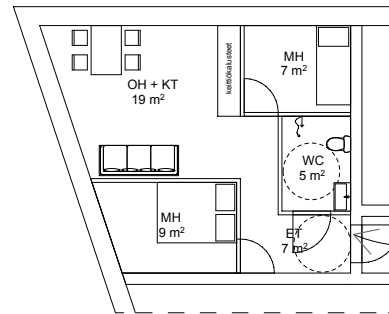
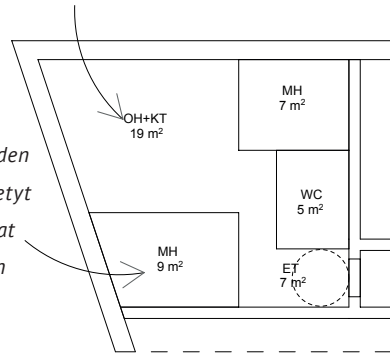
CASE 2:n ensimmäisessä vaiheessa saatu jakauma asunnoista.

1:400



*Mahdollisimman paljon
ikkunapinta-alaa.*

*Muihin seiniin nähden
eri kulmaan käännetyt
seinät vaikeuttavat
makuuhuoneiden
kalustusta*

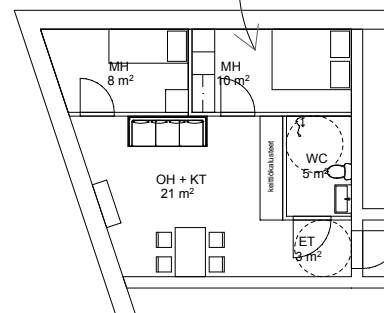
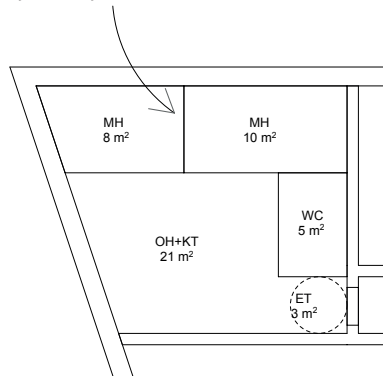


*Epäkäytännöllinen
eteinen.*

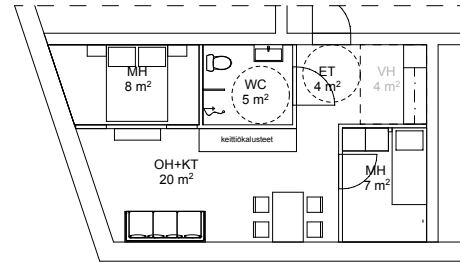
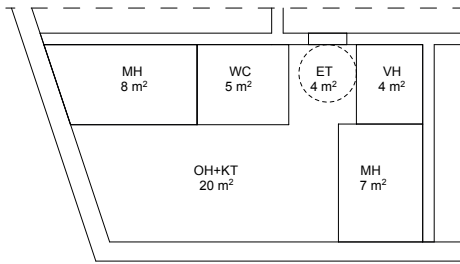
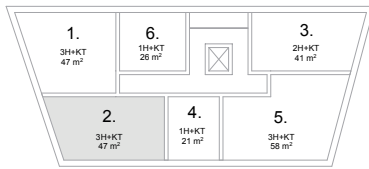
Kalustepohja 1A. 3H+KT 47 m². Galapagos muodostaa asunnon ensimmäiseen vaihtoehtoon aivan liikaa käytävää olohuoneen ja eteisen väliin. Kalustetusta pohjasta huomataan, että eteiseen ei saa sijoitettua kiintokalusteita. Makuuhuoneet ovat myös liian pieniä tarvittaville kiintokalusteille. Lisään sääntöihin ehdon, joka pyrkii muodostamaan mahdollisimman pienen eteisen. Eteisen pinta-alaan kuuluu myös muodostunut käytävä.

*Kapein mahdollinen makuuhuone.
Makuuhuoneeseen olisi pitänyt
olla kaksi oven paikkaa. Algoritmi
ei huomionnut tätä. Ongelman
voisi ratkaista sijoittamalla
makuuhuoneet toisin päin.*

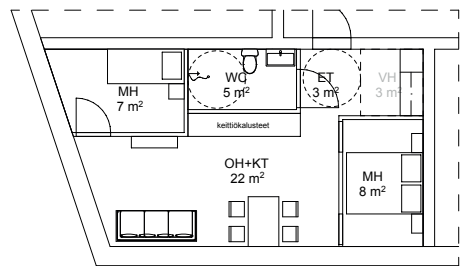
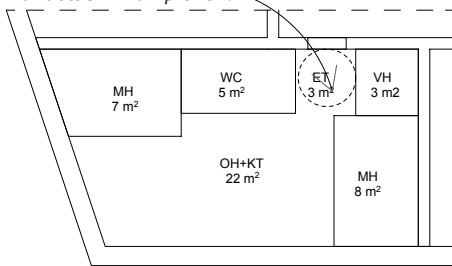
*Makuuhuoneiden sijainti
pohjoisella julkisivulla.*



Kalustepohja 1B. Toinen vaihtoehto samasta pohjasta. Tähän vaihtoehtoon on lisätty arvot, jotka pyrkivät mahdollisimman pieneen eteiseen ja lisäksi sijoittamaan makuuhuoneet pohjoiselle julkisivulle. Kalustin pohjan ja huomasin, että eteiseen ei jäänyt yhtään kiintokalusteille tilaa. Eteiseen pitää lisätä ehto, joka varmistaa kiintokalusteiden mahtumisen.

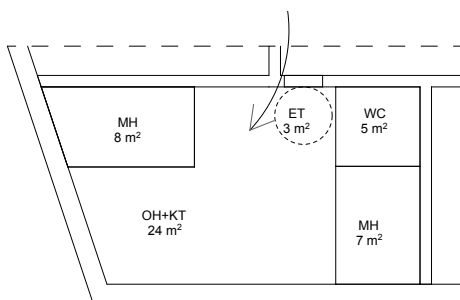


Algoritmi tekee eteisestä mahdollisimman pienen.

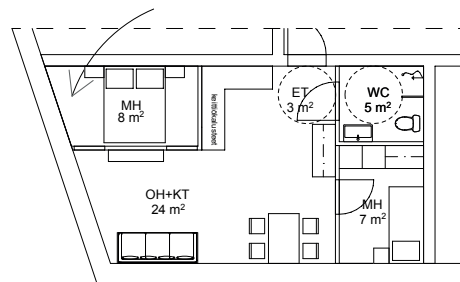


Kalustepohjat 2A ja B. 3H+KT 47 m². Tässä asuntopohjassa esitän ratkaisun, jossa pyrin muodostamaan mahdollisimman pienen eteisen. Ylemmät kuvat esittävät lähtötilanteen ja alemmat esittävät lopputuloksen. Määrittelin myös eteiseen vaatehuoneen, joka varmistaa, että eteiseen jää riittävästi tilaa vaatesäilytykseen. Tämä ratkaisu muodostaa eteisen, johon ei muodostu käytävää. Kalustetuista pohjista huomaan, että tavoite mahdollisimman pienen eteisen muodostumisesta parantaa keittotilan kalustettavuutta. Harmaalla kirjoitettu vaatehuone (VH) tuo huoneistolle lisäarvoa, ja se voi muodostua ainoastaan kohtiin, johon ei tule suoraa auringonvaloa. Galapagos siis sijoittaa vaatehuoneen kyseiseen kulmaukseen mieluummin kuin jättää sen tyhjäksi.

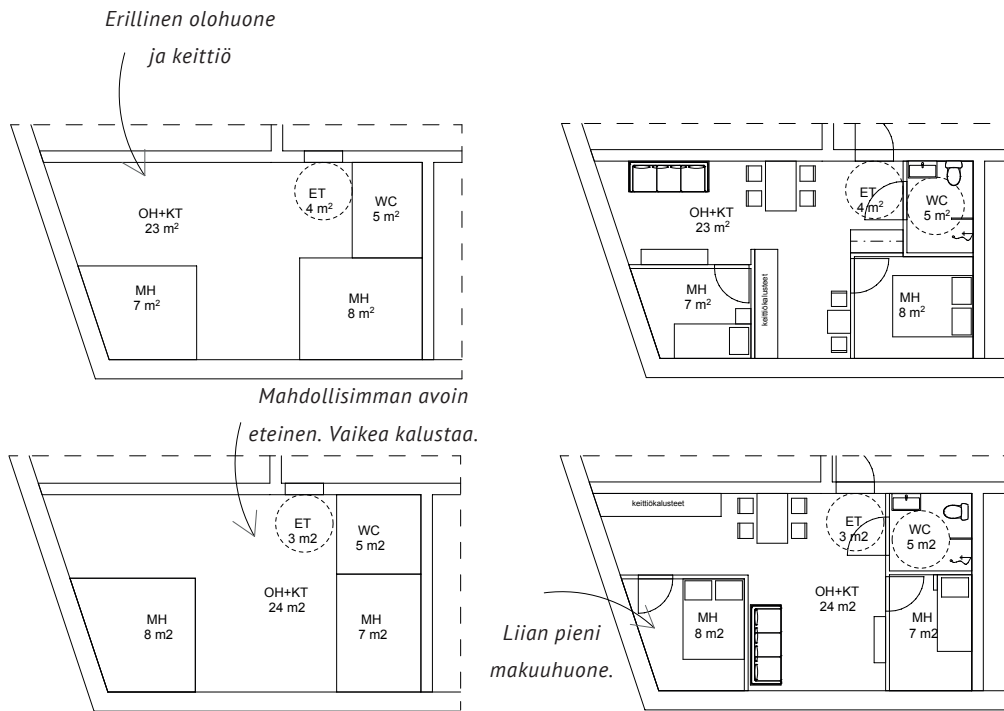
Mahdollisimman avoin eteinen. Vaikea sijoittaa kiintokalusteita.



Pieni päämakuuhuone

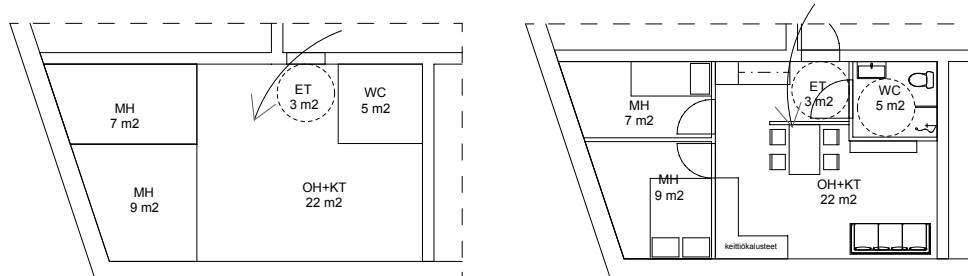


Kalustepohja 2C. Tässä kokeilen arvoa, joka pyrkii muodostamaan mahdollisimman avoimen yhteyden olohuoneeseen ja keittiöön. Määrittelemäni päämakuuhuoneen koko on liian pieni, sillä kiintokalusteet eivät mahdu tilaan. Tämä on luultavasti seurausta siitä, että algoritmi ei huomioinut muihin seiniin nähden eri kulmaan käännetyn seinän vaikutusta.

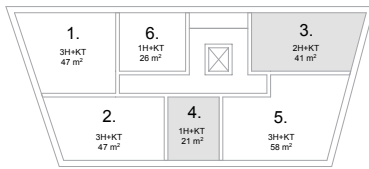


Kalustepohja 2D ja E. Poistin tässä pohjassa arvon, joka pyrki muodostamaan mahdollisimman suuren ikkunapinta-alan olohuoneeseen ja keittiöön. Tämä jakaa olohuoneen ja keittiön kahteen eri tilaan. Eteisellä on määritelmä, joka tavoittelee mahdollisimman avointa yhteyttä olohuoneeseen. Alemmassa kuvaparissa eteinen on niin avoin, että tilaan on vaikeaa enää sijoittaa eteiskalusteita. Makuuhuoneisiin ei oikein mahdu kaappitilaa ja etenkin seinien muodostamat kulmat vaikeuttavat kalustettavuutta.

Mähdollisimman avoin eteinen. Tilaa on vaikea kalustaa, jos sitä ei rajaa mitenkään.

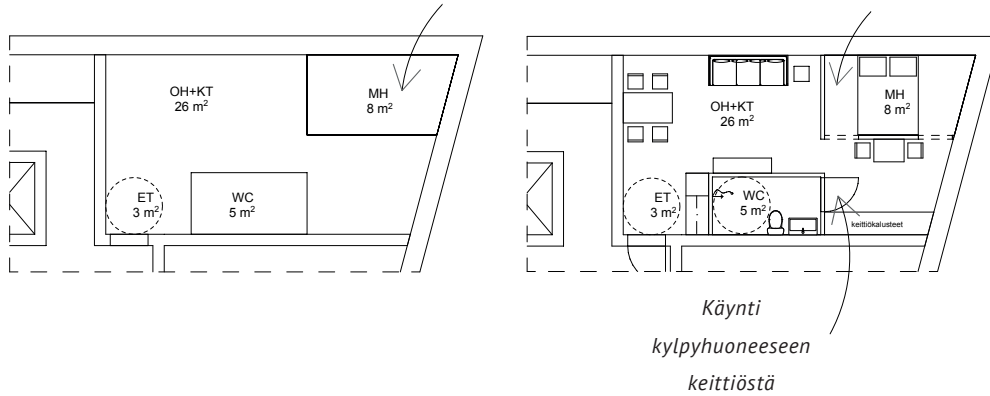


Kalustepohja 2F. Viimeisenä tästä huoneistosta kuvasarja, jossa määrittelin makuuhuoneiden pohjoisen sijainnin tärkeäksi. Tällöin makuuhuoneet sijaitsevat julkisivulla, joka on mahdollisimman lähellä pohjoista ilmansuuntaa. Tavoitteena siis oli määritellä, että makuuhuone ei sijoittuisi lounaiskulmaukseen. Tämä ei kuitenkaan toteutunut: makuuhuoneet saavat kaikein etelästä ja lännestä tulevan auringonsäteilyn eivätkä kyseisessä tapauksessa sijoitu viileämpiin ilmansuuntiin. Makuuhuoneet sijaitsevat myös seinällä, johon on vaikea sijoittaa kiintokalusteita.



Ei käytetty vaatimusta mahdollisimman suurelle ikkunapinta-alalle

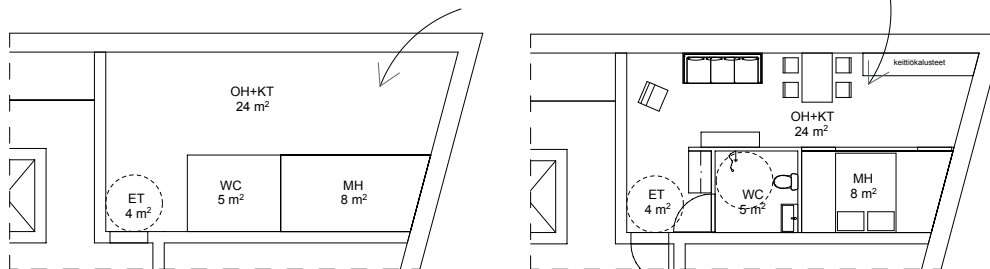
Min. makuuhuoneen syvyys 2200 mm. Käynti molemmilta puolilta sänkyä.



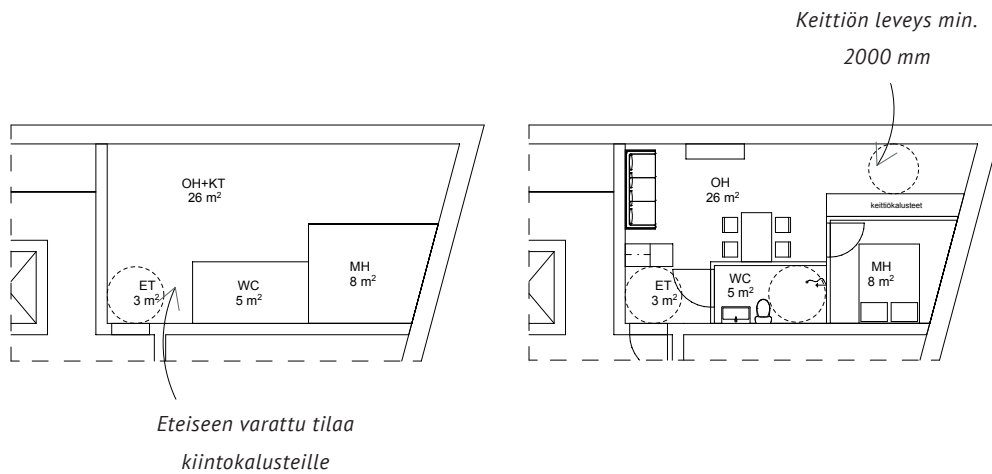
Kalustepohja 3A. 2H+KT 41 m². Ei vaatimusta mahdollisimman suuresta ikkunapinta-alasta olohuoneeseen ja keittiöön, minkä seurauksena tila jakaantuu kahteen osaan. Kokeilen eteisessä mittaa, joka jättää tilaa 600 mm leveälle kaapille. Tämä kuitenkin johtaa siihen, että käynti kylpyhuoneeseen on keittiön kautta. Makuuhuoneeseen ei edelleenkään mahdu kiintokalusteita.

Mahdollisimman paljon ikkunapinta-alaa olohuoneessa ja keittiössä

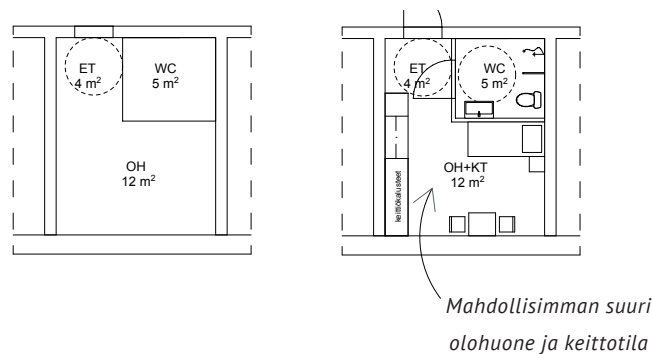
Paljon kapeaa tilaa



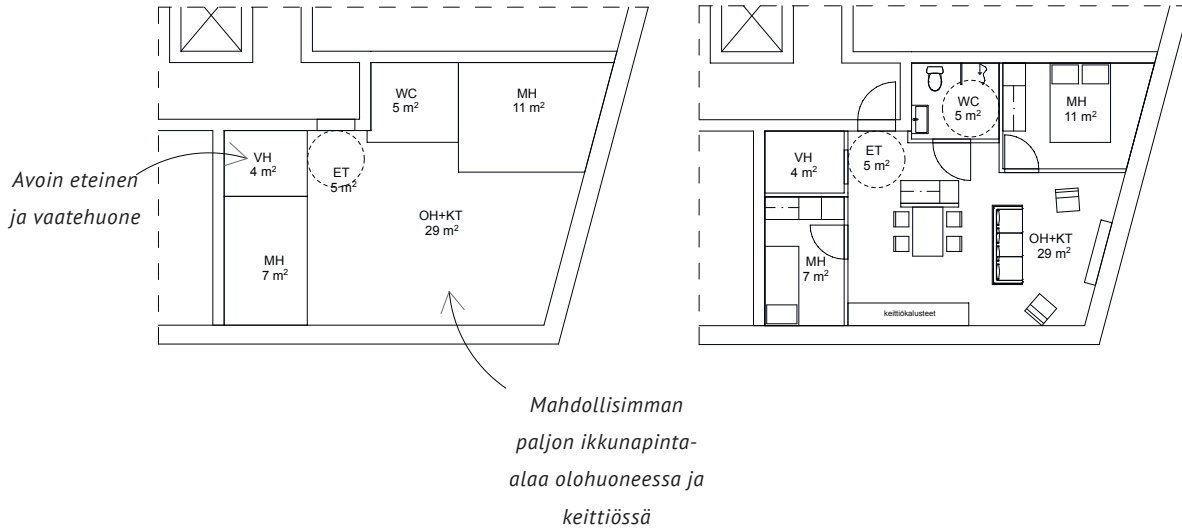
Kalustepohja 3B. Toinen tutkittu vaihtoehto, jossa tekijöinä maksimaalinen ikkunapinta-ala keittiöön ja olohuoneeseen. Tämä määritelmä pienentää makuuhuoneen koon minimiin, sillä olohuone ja keittiö jäävät erittäin kapeiksi. Makuuhuoneen pienimmäksi pinta-alaksi olen määritellyt tilanteen, jossa huoneeseen kuljetaan sängyn molemmilta puolilta. Makuuhuoneeseen ei saa myöskään sijoitettua tarvittavia kiintokalusteita. Eteisessä edelleen tilaa 600 mm leveille kiintokalusteille.



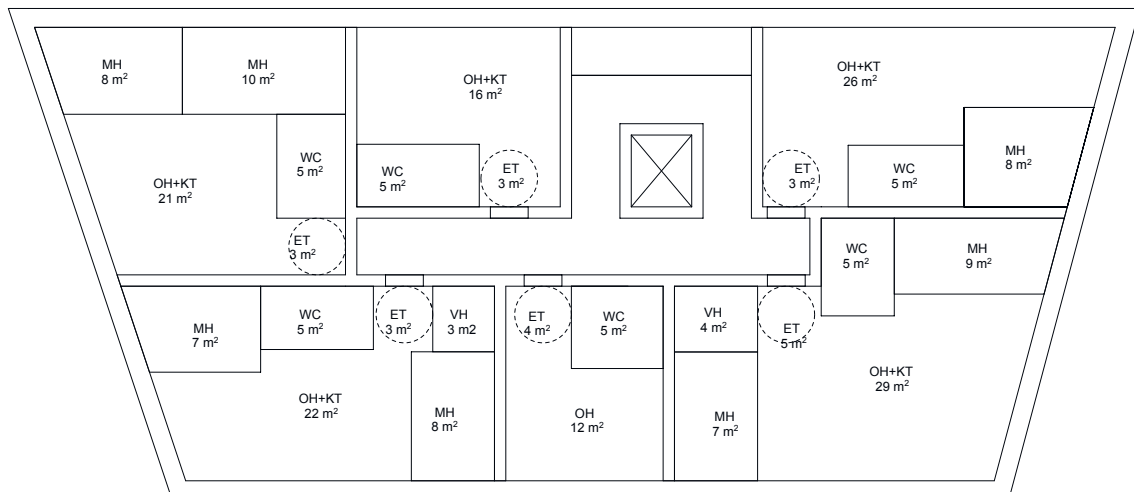
Kalustepohja 3C. Kolmas vaihtoehto. Pienensin ikkunoiden pinta-alasta määräytyvää kerrointa, jolloin makuuhuoneen ikkunapinta-ala kasvaa suuremmaksi. Tämä ei vielä korjannut ongelmaa eli huoneistossa ei ole vielä riittävästi kaappitilaa. Makuuhuoneiden pinta-ala tulee seuraavan kerran määritellä suuremmaksi, jotta tarvittavat kalusteet mahtuvat. Kylpyhuoneen ovi vie eteiselle varattun kaappitilan, joten sijoitin kiintokalusteet rajaamaan olohuonetta ja eteistä.



Kalustepohja 4A. 1H+KT 21 m². Kokeilin työkalua myös mahdollisimman pieneen yksiöön. Tämä ei sinänsä ollut kovin mielekäästä, sillä se etsii vain kylpyhuoneelle paikan. Määritelmässä kylpyhuoneen täytyy olla mahdollisimman kapea, jotta ikkunoiden lähellä olisi mahdollisimman paljon tilaa olohuoneelle ja keittotilalle.

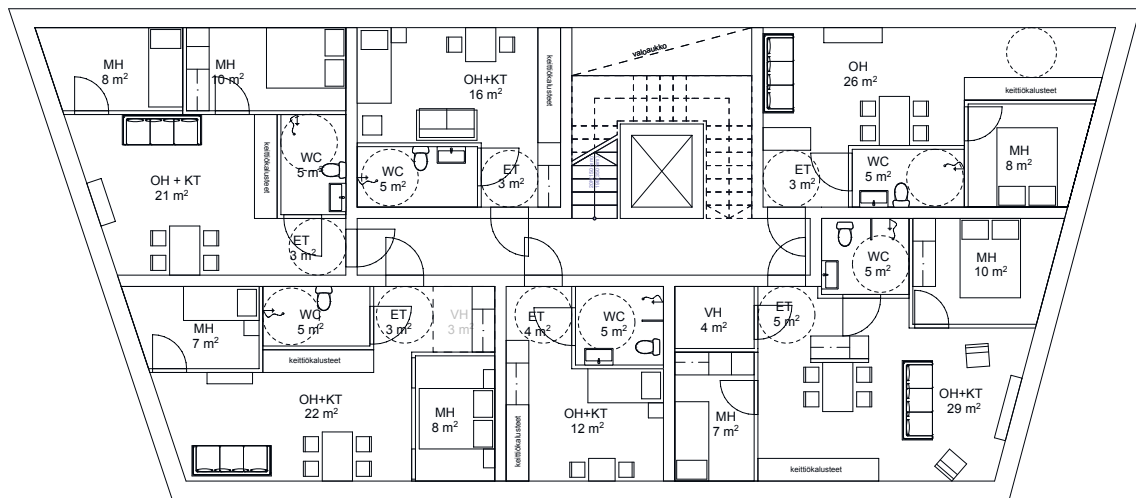


Kalustepohja 5A. 3H+KT 58 m². Lopuksi kokeilin muodostamaani algoritmia talon suurimpaan kolmioon, jolloin pystyin määrittelemään makuuhuoneet suuremmiksi. Makuuhuoneen pinta-ala pitäisi tulevaisuudessa suhteuttaa jollain prosenttiluvulla asunnon pinta-alaan. Järkevän prosenttiluvun määrittäminen vaatii kuitenkin tutkimusdataa. Käännetyt seinät vaikeuttavat algoritmien kirjoitusta, ja seinien suhdetta algoritmiin pitäisi tutkia lisää. Vaikutus näkyy etenkin kalustuksessa.



Galapagoksen esittämät pohjaratkaisut.

1:200



Koko pohja kalustettuna

1:200

Pohjien tarkastelu osoittaa, että Galapagoksella on kannattavaa tehdä useita kokeiluja, sillä osa muodostuneista pohjista on selkeästi parempia kuin toiset. Lähtökohtaisesti valitsemani asunnot ovat erittäin pieniä, jonka takia ne eivät pysty toteuttamaan tarvittavia tiloja ja kalusteita. Ongelmakohtiksi muodostuvat tilanteet, joita en ole määritellyt tarkemmin. Esimerkiksi kiintokalusteet puuttuvat useista pohjista, joissa eteisen tai makuuhuoneen kokoa on rajoitettu. Kalusteiden paikat pitäisi määrittellä pienissä asunnoissa siten, että jos kaluste ei mahdu tiettyyn kohtaan algoritmin pitäisi etsiä sille toinen paikka.

Ehkä huonointen Galapagos pystyi ratkaisemaan asunnon 3, joka on 41 m² kokoinen kaksio. Kiintokalusteiden paikkojen määrä jäi olemattomiin, ja kaikissa esitetyissä vaihtoehtoissa tila jäi hyvin kapeaksi. Syy tähän saattaa olla siinä, että esitetty asuntopohja on liian kapea, eikä siihen ole edes mahdollista saada kovin toimivaa ratkaisua. Tämä vaatisi siis paluuta rakennuksen pohjamuodon tutkimiseen ja valintaan.

Asunnot 1. ja 2. vaikuttavat mielestäni melko onnistuneilta ratkaisuilta. Kasvattamalla asuntoja hieman isommaksi, saataisiin ratkaistua kiintokalusteiden puuttumiseen liittyvät ongelmat. Tämä päätelmä osoittaa myös sen, että 47 neliön asunto ei oikein sovi kolmioksi. Asuntoon 5. muodostuu selkeästi toimivampi ratkaisu, kun asunnossa on 11 m² enemmän tilaa. Toisenlaisella huoneiden sijoittelulla keittiölle voisi löytää paremman sijainnin, sillä ulkoseinällä se vähentää mahdollisuutta sijoittaa ikkunoita.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Diplomityö tarkastelee asuinkerrostalon parametrissa suunnitteluprosessia ja pyrkii ratkaisemaan tilasuunnittelun ongelmia evolutiivisten menetelmien keinoin. Työn tavoitteena oli luoda suunnittelutyökalu, joka nopeuttaa suunnitteluprosessia ja auttaa suunnittelijaa näkemään rakennuksen massan ja rakennukseen esitetyn asuntojakauman välisen suhteen. Työkalun kehittämiseen liittyvien haasteiden vuoksi työkalun käyttö ei tällä hetkellä itsessään nopeutta suunnitteluprosessia. Työkalun kehittäminen on kuitenkin vasta alkuvaiheessa ja näen siihen sisältyvän valtavasti potentiaalia. Tämän työn aikaisten havaintojeni perusteella parametrinen suunnittelu on mitä todennäköisemmin osa tulevaisuuden arkkitehdin työtä. Sen avulla voidaan vähentää mekaaniseen, monotoniseen työhön kuluva aikaa ja lisätä asuinkerrostalon suunnittelutyön määrää.

Asuinkerrostalon pohjan toimivuuteen vaikuttaa monia tekijöitä, mutta rakennuksen pohjamuoto määrittelee suurilta osin, minkälaisia asunnoista tulee. Keskityn työssäni esittämään variaatioita yhdestä kerrostalotyypistä, jolloin huomio kiinnittyy ratkaisumahdollisuuksien määrään. Työkalu toimii työssä esitetyssä kerrostalopohjassa erittäin hyvin ja pystyy toteuttamaan suurimman osan pyydytyistä asuntojakaumista muutaman neliön tarkkuudella. En osaa kuitenkaan arvioida, miten työkalu toimisi esimerkiksi erilaisilla porrashuoneratkaisuilla ja pystyisikö eri porrashuoneiden vaatimat ratkaisut sisällyttämään yhteen työkaluun. Tätä olisi mielenkiintoista tutkia tulevaisuudessa.

Parametrin mallin luominen on aikaa vievä prosessi, jonka vuoksi algoritmiaivusteinen suunnittelu lisää lyhyellä aikavälillä tarkasteltuna työmäärää huomattavasti. Toisaalta algoritmien avulla kirjoitettua pohjaa on mahdollista hyödyntää myös seuraavassa suunnitteluprojektissa, jolloin algoritmien muokkaaminen vie vähemmän aikaa. On mielenkiintoista ajatella tilannetta, jossa työkalu toimisi erilaisissa asuntosuunnittelun kohteissa saumattomasti ja toteuttaisi toimivia pohjia riippumatta kerrostalon suunnittelulähtökohdista. Jotta tähän tilanteeseen päästäisiin, työkalun kehittämiseksi tarvitaan lisää tutkimuspohjaista tietoa siitä, minkälaisia arvoja parametreille tulisi antaa ja mitä ylipäätään pidetään asuinkerrostalon suunnittelussa keskeisenä. Tulevaisuudessa työkalua tulisi kehittää niin, että saadut lopputulokset vastaisivat paremmin tilasuunnittelun lähtökohtiin ja työkalulle voitaisiin asettaa entistä yksityiskohtaisempia vaatimuksia toivotusta lopputuloksesta.

Työskennellessäni Grasshopperin kanssa mietin, miten työtä kannattasi jatkaa. Onko Grasshopper edes oikea ympäristö, jossa tämänkaltaista työkalua kannattaa kehittää? Työn suuri parametrien määrä aiheutti sen, että jouduin jakamaan työkalun kahteen osaan: rakennuksen muoto ja huoneistojakauma sekä asuinpohjien ratkaisut. Merkittävin syy tähän valitsemiini jaotteluun oli Galapagoksen

kyky ratkaista tilanteita. Jos Galapagokseen asettaa liian monta muuttujaa, laskenta hidastuu merkittävästi eikä ohjelma kykene löytämään parhaita ratkaisuja. Tähän vaikuttaa myös käytetyn koneen suorituskyky. Laskenta-aikaan vaikuttivat myös liian monimutkaisesti rakennetut algoritmit.

Diplomityön perusteella voidaan osoittaa, että asuntojakauman laskeminen algoritmien avulla on mahdollista. Tarkasteluni ensimmäisessä osuudessa (CASE 1) rakennuksen pohjan jakaminen halutun asuntojakauman mukaan onnistui erittäin hyvin. Suunnittelun lopputulokseen vaikuttavat tekijät, kuten asuntojen määrä, porrashuonetyyppi ja muuttuvien parametrien määrittely mahdollistivat useiden eri ratkaisuiden luomisen. Mahdolliset ongelmat johtuvat siitä, että algoritmia kirjoittaessa en osannut tai huomannut ratkaista niitä. Muistettava on, että vaikka ohjelma löysi keinon sijoittaa vaaditun määrän asuntoja asuinkerrostalon pohjaan, se ei ole välttämättä paras ratkaisu. Huomasin esimerkiksi, että asuntojen sijaintiin pitäisi pystyä myös vaikuttamaan. Pohjissani esiintyi tilanteita, joissa pienet asunnot avautuivat vain pohjoiseen. Tämän lisäksi voi olla muitakin tilanteita, joissa asuntojen ikkunoiden suuntaukseen pitäisi pystyä vaikuttamaan. Asunto voi esimerkiksi sijaita niin ruuhkaisen tien varrella, että ikkunoiden pitää avautua vähintään kahteen eri ilmansuuntaan melusta aiheutuvien haittojen takia.

Asuntopohjien ratkaisujen löytyminen perustuu toistoon ja kokeiluun (CASE 2). Galapagoksen esittämä ensimmäinen ratkaisu ei ole usein toimiva ja pohjaan jää useita ratkaisemattomia kohtia. Pohjasta täytyy tehdä useita eri kokeiluja ja suunnittelijan pitää ohjata työkalua valitsemaan parempia vaihtoehtoja. Jotta tulevaisuudessa algoritmiavusteinen suunnittelu olisi helpompaa, jokaisen huoneen pitäisi ensinnäkin mukautua asunnon koon mukaan. Esimerkiksi asunnon ollessa suurempi, myös makuuhuone ja kylpyhuone voivat olla sopivassa suhteessa tilavampia. Tällaisten prosenttiosuuksien määrittelemisen vaatii asuntopohjien tarkkaa analysointia. Lisäksi tarkastelua vaativat kiintokalusteiden ja kalusteiden mahtuminen ja sijoittelu tilaan. Jatkossa olisi mahdollista liittää työkaluun huoneen mitoitusta tarkasteleva algoritmi, joka pyrkii varmistamaan tarvittavien kalusteiden mahtumisen. Esimerkiksi makuuhuoneeseen tulisi mahtua sänky, kiintokalusteet, kulkutila ja oven avautuminen. Lisäksi kalusteiden sijoittelussa tulee ottaa huomioon rakennuksen ulkoseinät, sillä esimerkiksi ikkunat vaikuttavat kiintokalusteiden sijaintiin.

Algoritmiavusteisessa suunnittelussa on tärkeää huomioida arkkitehdin vaikutus muodostuvaan pohjaratkaisuun. On tärkeää tutkia Galapagoksen esittämiä ratkaisuja ja arvioida niiden toimivuutta. Lisäksi arkkitehdin pitää vaikuttaa siihen, minkälaista arkkitehtonista tilaa asuntoihin halutaan. Suunnittelijan pitää pystyä muokkaamaan algoritmeja tarvittaessa ja kokeilemaan erilaisten tilaratkaisuiden hyviä ja huonoja puolia. Tavoitteena ei ole lähtökohtaisesti tyytyä ensimmäiseen työkalun ehdottamaan ratkaisuun, vaan pyrkiä kyseenalaistamaan jatkuvasti ratkaisumalleja. On ongelmallista, jos algoritmiavusteista suunnittelua hyödynnetään ainoastaan toistamaan yhtä ratkaisumallia, eikä pyritä hyödyntämään sen tuomaa mahdollisuutta suunnitella parempia asuntokohteita.

Algoritmiavusteisesta suunnittelusta voi hyötyä pohjien suunnittelun lisäksi myös muissa suunnittelun lähtökohdissa, mutta koen pohjien suunnittelun olevan yksi tärkeimmistä. Diplomityössäni esitettyä työskentelytapaa voisi hyödyntää tulevaisuudessa esimerkiksi asumistehokkuutta vaativissa kohteissa. Tämänkaltaiset kohteet usein asettavat suunnittelijalle haasteita suunnitella pienistä asunnoista mahdollisimman viihtyisiä ja toimivia. Parametrinen suunnittelu avaa mahdollisuuksia myös uudensuunnittelun luonnostelutapoihin. Tutustuin tätä työtä tehdessäni esimerkiksi parametrin suunnittelun mahdollisuuksiin julkisivujen suunnittelussa. Ajatusleikkinä lähdin pohtimaan, miten tämän kaltainen suunnittelu voisi olla yhteydessä asuntopohjiin. Voisiko ikkuna-aukotuksen määrän ja valoaukon koon sitoa seuraamaan asuntojen huoneiden pinta-alaa ja sijaintia? Tai voisiko ajatusmallin kääntää toisinpäin ja asunnot suunniteltaisiinkin julkisivujen perusteella?

LÄHDEKIRJALLISUUS, INTERNET-LÄHTEET, VIDEOT

A-Insinöörit. Tulevaisuudessa suunnitellaan algoritmien ja keinoälyn avulla. Saatavissa (viitattu 3.3.2019): <https://www.ains.fi/blogit/tulevaisuudessa-suunnitellaan-algoritmien-ja-keinoalyn-avulla/> Wahbeh, W. (2018). Parametric Floor Plan Design I One Code, Endless Solutions, Youtube. Saatavissa (viitattu 24.8.2019): https://www.youtube.com/watch?v=y_s9DzL_6CQ

Fernandez, J. I. Z. T. (2014). Intelligent design objects applied to the spatial allocation problem, Middle East Technical University. Saatavissa (viitattu 21.8.2019): <http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12617003/index.pdf>

Lalla, A. (2017). Kantavien rakenteiden parametrinen suunnittelu ja mallintaminen, Diplomityö A-insinööreille Saatavissa (viitattu 3.8.2019): <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-201712212481>

Lopes, R., Tutenel, T., Smelik, R. M., Jan de Kraker, K. ja Bidarra, R. (2010). A constrained growth method for procedural floor plan generation. Saatavissa (viitattu 27.7.2019): https://www.researchgate.net/publication/265988238_A_constrained_growth_method_for_procedural_floor_plan_generation#pf3

Merrell, P., Schkufza, E., ja Koltun, V. (2010). Computer-Generated Residential Building Layouts, ACM Transactions on Graphics 29(6), Stanford University . Saatavissa (viitattu 29.8.2019): <http://vldlen.info/papers/architecture.pdf>

Ravenscroft, T. (2019). Wallgren Arkitekter and BOX Bygg create parametric tool that generates adaptive plans Saatavissa (viitattu 27.7.2019): https://www.dezeen.com/2019/06/27/adaptive-floor-plans-wallgren-arkitekter-box-bygg-parametric-tool/?li_source=LI&li_medium=bottom_block_1

Simon, J. (2019). Evolving Floor Plans Saatavissa (viitattu 20.8.2019): <https://www.joelsimon.net/about.html>

Tanska, T. ja Österlund, T. (2014). Algoritmit puurakenteissa, menetelmät, mahdollisuudet ja tuotanto, DigiWoodLab Oulun Yliopisto, Arkkitehtuurin tiedekunta

ThinkParametric. (2019). View Optimization Using Galapagos For Grasshopper. Saatavissa (viitattu 3.3.2019): <http://designplaygrounds.com/blog/view-optimization-using-galapagos-for-grasshopper/>

Wahbeh, W. (2018). Parametric Floor Plan Design I One Code, Endless Solutions, Youtube. Saatavissa (viitattu 24.8.2019): https://www.youtube.com/watch?v=y_s9DzL_6CQ

Kuvat (saatu oikeudet käyttää kuvia):

Kuva 1. https://static.dezeen.com/uploads/2019/01/evolving-floor-plans-joel-simon_dezeen_2364_col_3.jpg

Kuva 2. https://static.dezeen.com/uploads/2019/01/evolving-floor-plans-joel-simon_dezeen_2364_col_4.jpg

Kuva 3. <https://static.dezeen.com/uploads/2019/06/gif-2-852-2.gif>

LOPPUSANAT

Diplomityöni on kokonaisuudessaan prosessi, joka vaatii vielä paljon työtä. En tiedä voiko sitä edes saada valmiiksi. Työskennellessäni kohtasin paljon haasteita. Minun piti miettiä suunnittelun lähtökohtia ja avata kaikki perusteet itselleni uudestaan. Jouduin kysymään itseltäni: Mitkä asiat ovat niitä, jotka vaikuttavat arkkitehdin kykyyn suunnitella toimivia ratkaisuja? Miten muuttaa tilantuntu matemaattiseksi määritelmäksi? Käytännöllisyys tuntui ensiajatuksena helpolta, mutta arvojen kirjoittaminen koneelle tuntui siltä, että suljin toisia vaihtoehtoja pois. Työ vaati paljon ajatustyötä, sillä minulla ei ollut käsitystä siitä, miten kaikki kannattaisi toteuttaa. Jälkikäteen tarkasteltuna osaisin nyt muodostaa paljon parempia ratkaisuja lyhyemmässä ajassa.

...If you think you can do a thing
or think you can't do a thing
you are right...

Henry Ford

